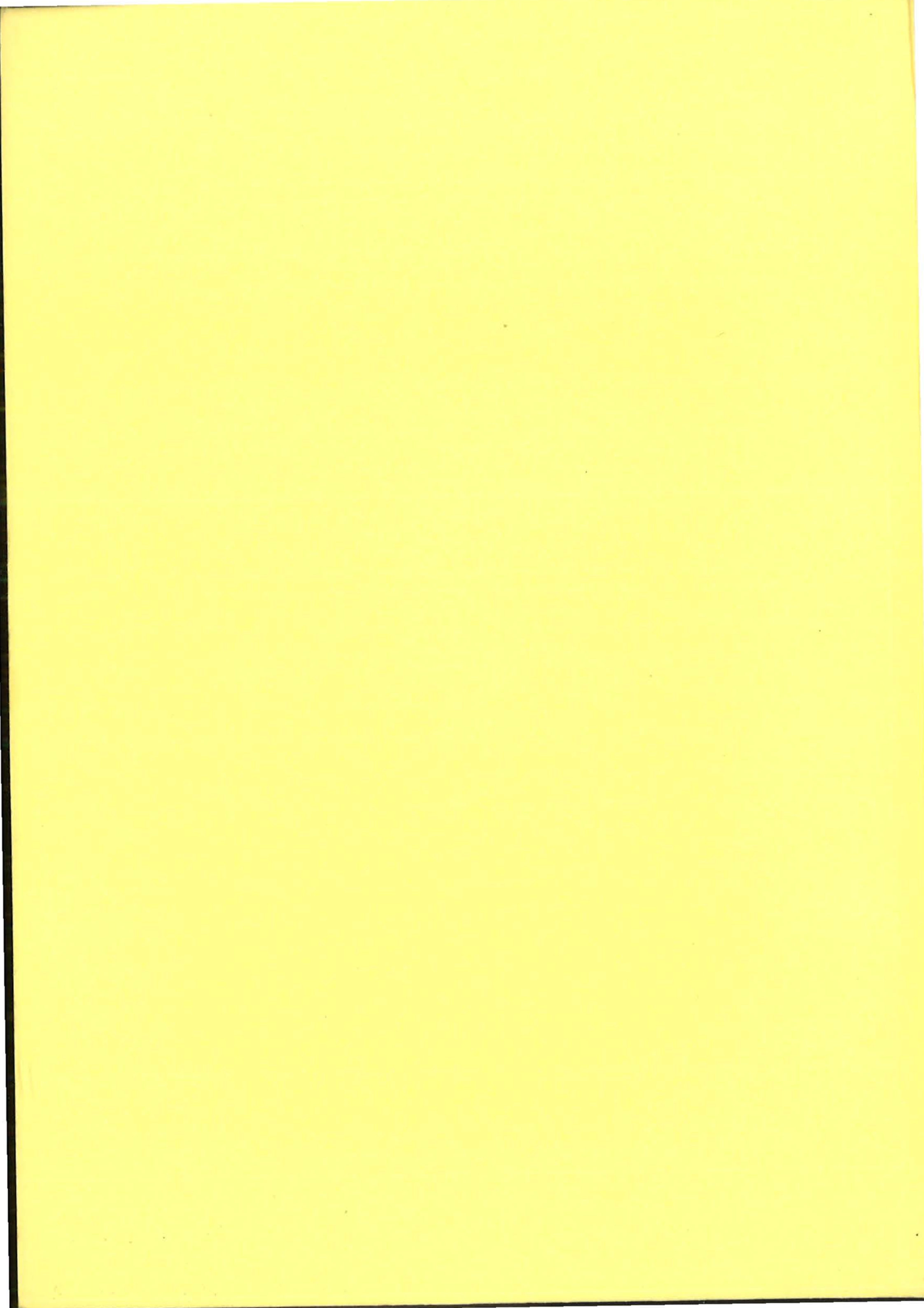


HERMANN SCHMIDT

Die anthropologische Bedeutung der Kybernetik

Reproduktion dreier Texte aus den Jahren 1941, 1953 und 1954

VERLAG SCHNELLE QUICKBORN

GRUNDLAGENSTUDIEN AUS KYBERNETIK UND GEISTESWISSENSCHAFT

Band 6 Beiheft Dezember 1965

VERLAG SCHNELLE QUICKBORN

VORWORT DER SCHRIFTLEITUNG

Als Beiheft zum zweiten Bande der "Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft" erschien 1961 eine Reproduktion der seinerzeit kaum noch zugänglichen "Denkschrift zur Gründung eines Instituts für Regelungstechnik", mit welcher Hermann Schmidt schon 1941 wesentliche Grundgedanken der Kybernetik vorweggenommen und in ihrer anthropologischen Bedeutung erkannt hatte. Ebenfalls schon 1941 erschien in der "Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure" (Bd. 85, Nr. 4, S. 81- 88) vom selben Autor ein Beitrag, der einige auch in der "Denkschrift" auftauchende Gesichtspunkte ausführlicher darlegt. Diese Gedankengänge führte Hermann Schmidt in eben dieser Zeitschrift (Bd. 96, Nr. 5, S. 118-122) 13 Jahre später unter dem Thema "Die Entwicklung der Technik als Phase der Wandlung des Menschen" weiter; auch zu dieser Arbeit existiert eine etwas ältere Variante: "Der Mensch in der technischen Welt" (Physikalische Blätter, 9. Jahrgang 1953, Heft 7, S. 289-300).

Inzwischen haben diese frühen deutschsprachigen Arbeiten zur Kybernetik und deren anthropologischer Bedeutung, die in diesem Beiheft reproduziert werden, zunehmende Beachtung gefunden. Ein einziger, aber gewichtiger Beleg dafür möge genügen: Friedrich Dessauer schreibt im letzten Paragraphen seines Werkes "Streit um die Technik" (1956, S. 432) u.a.: "Hermann Schmidt hat in verschiedenen Reden, Diskussionen und Aufsätzen die von der Regeltechnik (Kybernetik) gestellten Probleme in einen großen einheitlichen Aspekt gestellt: als Objektivation durch das menschliche Kollektiv. Das bedeutet aber ein Gesetz der Entwicklungen, die sich im biologisch-unbewußten, im willentlichen, bewußt kontrollierten Handeln und nun im technischen Regelkreis nach Analogien entfalten. Danach hat die Technik, wie das Leben, ein Gesetz, und die Freiheit des Menschen hat diese Objektivation der technischen Arbeit, die sich sozusagen statistisch entwickelt, ins Bewußtsein zu heben und zum Ziel zu machen, damit der Mensch bei diesem Tun das Endziel bleibt. - Dieser interessante Gedanke Hermann Schmidts wurde eifrig diskutiert und wird durch Diskussionen künftig noch weiter zu klären und zu präzisieren (auch zu begrenzen) sein... Das Großhirn des Menschen ist anatomisch-entwicklungsmäßig zu weiterer Entfaltung angelegt. Wir sind unterwegs, nicht im Stillstand, sind Werdende, nicht Beendete, immer Angerufene und darum Wandernde. Wir entfalten die Technik als menschliche Umwelt durch geistige und körperliche Arbeit bewußt und unbewußt, und in diesem Zusammenhang von Gesetz und Freiheit ist ein Gesetz der Objektivierung, der Herausstellung von selbst-Stehendem aus dem Persönlichen wirksam. So zeigt sich auch erneut, daß man ' Technik, wie wir es taten, nicht im Sokratischen Sinne de-

finieren soll, nicht die persönlich erwerbbare Tüchtigkeit des Reiters, Hirten, Steinmetzen, Flötenspielers mit einbeziehend, die mit dem Individuum stirbt. Sie ist Objektivation von bestimmten Raum- und Zeitformen, Geräten und Verfahren, die weggehen von ihrem Gestalter, selbst ihre Macht der Zweckerfüllung weitertragen durch Jahrhunderte..."

Der Leitgedanke der hiermit erneut vorgelegten Arbeiten, der auch die Wahl des Rahmentitels dieses Beiheftes rechtfertigt, ist in des Verfassers eigener Formulierung folgender:

1. Die Kybernetik als die gegenwärtige Endstufe der technischen Entwicklung läßt uns durch ihre Systeme kreisrelationaler Struktur, die Automaten, die technische Entwicklung als die fortschreitende Objektivation des psycho-physischen Arbeitskreises des Menschen verstehen, der von jeher die menschliche Grundrelation zur Natur darstellt.

2. Die anthropologische Relevanz dieses Objektivationsprozesses besteht darin, daß ihn der Mensch in seinen Willen aufnimmt und seine technische Welt zur biologischen Umwelt macht; mit ihrer Erzeugung setzt er seine natürliche psychophysische Individuation aus eigener Kraft fort, wobei dem Objektivationsprozeß ein ihm korrelierter Prozeß der Subjektivierung folgt.

Neuere Arbeiten folgen dieser Linie, insbesondere Schmidts "Beginn und Aufstieg der Kybernetik" (Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure" Bd. 106, 1964, Nr. 17, S. 749-753) und sein für den nächsten Band der Grundlagenstudien vorgesehenes Referat, "Zum Ansatz der Kybernetik", das Hermann Schmidt beim Dritten Symposion über Lehrmaschinen im März 1965 vortrug.

Den Schriftleitungen der "Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure" und der "Physikalischen Blätter" haben Verlag und Herausgeber der "Grundlagenstudien" für die freundliche Genehmigung der Reproduktion der drei Originalarbeiten zu danken. Mögen diese den inzwischen entbrannten "Streit um die Kybernetik" auf ein höheres philosophisches Niveau heben helfen!

Im Dezember 1965 Der Schriftleiter

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

LEITUNG: W. PAREY VDI

Bd. 85 SONNABEND, 25. JANUAR 1941 Nr. 4

Die Regelungstechnik ist über ihren ursprünglichen engen Wirkungskreis, die Kraftmaschinenregelung, weit hinausgewachsen und umfaßt heute alle Gebiete des technischen Schaffens. Der VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik, der sich mit der Klärung der vielfältigen und schwierigen Probleme der Regelungstechnik befaßt, hat zunächst die Ausarbeitung einheitlicher Begriffsbestimmungen in Angriff genommen, um die auf den verschiedenen Gebieten der Technik entstehenden regeltechnischen Entwicklungszweige zusammenfassen zu können.
Um die wissenschaftliche wie auch die wirtschaftliche Bedeutung der Regelungstechnik als eine die gesamte Technik und darüber hinaus auch andere Zweige der Wissenschaften umfassende Aufgabe aufzuzeigen, hat der Fachausschuß am 17. Oktober 1940 dem Wissenschaftlichen Beirat des VDI durch Vorträge aus verschiedenen Bereichen der Regelungstechnik einen Überblick über sein Arbeitsgebiet gegeben. Dabei gaben auch zwei Physiologen mit einigen Beispielen aus der Regelung von Vorgängen im lebenden Körper Einblick in die grundsätzliche Bedeutung der Regelungsvorgänge für das Leben. Die fünf Vorträge sind im vorliegenden Heft zusammengefaßt.

Regelungstechnik

Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung

Von **Hermann Schmidt**, Berlin[1])

Die Aufgabe der heute über das Gesamtgebiet der Technik verbreiteten Regelungstechnik und die grundsätzliche Lösung dieser Aufgabe werden erläutert. Auf die zeitlichen Ableitungen der Regelgröße als Mittel zur Stabilisierung des Regelvorganges wird näher eingegangen und die synthetische Funktion der Regelungstechnik für den Unterricht und für die Entwicklungsarbeit der Industrie geschildert. Die Gemeinschaftsarbeit des VDI-Fachausschusses für Regelungstechnik hat mit der Klärung der Bezeichnungsfrage und der Bearbeitung des Schrifttums die Schaffung einer allgemeinen Regelungskunde in Angriff genommen. Die wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Bedeutung der Regelungstechnik, in der sich die Technik methodisch vollendet, begründet die Forderung: Alles regeln, was regelbar ist, und das nicht Regelbare regelbar machen.

Die heutige Verbreitung der Regelungstechnik

Das Problem der selbsttätigen Regelung ist alt. Schon vor der Verwendung des Fliehkraftreglers für die Drehzahlregelung der Dampfmaschine, also wohl vor 1784, hat man das Fliehkraftpendel in der Mühlentechnik zur Regelung des Abstandes der Mühlensteine benutzt. In der Maschinentechnik hat sich die Regelung der Drehzahl und der Leistung sehr rasch nach verschiedenen Seiten ausgebreitet. Am Drehzahlregler wurde die Theorie der Regelung zuerst entwickelt; ihr geschichtlicher Weg ist besonders durch die Namen *Poncelet, Lüders, Wischnegradsky, Maxwell, Stodola* und *Tolle* bestimmt[2]).

Mit Beginn dieses Jahrhunderts, besonders aber in den letzten beiden Jahrzehnten, hat sich die Regelungstechnik über das Gesamtgebiet der Technik verbreitet. Wenn wir uns heute mit der Regelungstechnik befassen, sehen wir uns einer Fülle von Erscheinungen gegenüber, die zunächst chaotisch anmutet und Verwirrung erzeugt, dann aber auch vermuten läßt, daß es sich bei der Regelungstechnik um ein technisches Grundproblem handelt, das dem geschichtlichen Gang der Technik durch die weiteren Jahrzehnte dieses Jahrhunderts mehr und mehr das Gepräge geben wird.

Die Erschließung der Wasserkräfte in den ostmärkischen Alpen gibt dem Zusammenschluß der bisher z. T. voneinander unabhängigen Netze zu einem Reichsnetz starken Anstoß. Dieser Zusammenschluß stellt an die Kraftwerke in bezug auf die Regelung von Wirkleistung, Blindleistung, Frequenz und Frequenzintegral (Synchronzeit) besonders hohe Anforderungen; er ist also im wesentlichen ein Problem der Regelung, das mit den Mitteln der alten Drehzahlregelung der Maschinen nicht mehr lösbar ist. Weitere Beispiele für die Regelung elektrischer Größen sind die Spannungs- und Stromregelung für Prüfstände und Laboratorien, für See- und Luftfahrt-Leuchtfeuer, die Lautstärkeregelung bei Schallübertragungssystemen.

In der Regelungsthermodynamik, zu der man die Regelung von Druck, Temperatur, spezifischem Volumen, Heizwert, strömender Menge, Behälterstand, Feuchte, Mischungsverhältnis, p_H-Wert u. a. rechnet, finden wir vor allem die selbsttätige Regelung der Dampferzeugung in Schiffs- und Landkesseln, die Regelung der Temperatur in Glüh-, Härte- und Vergütungsöfen. Weitere Beispiele sind: Die Regelung der Feuchte und Temperatur des Rohgases bei der elektrischen Gasreinigung, die Regelung des Druckes bei der Ferngasverteilung, die Mischung von Hochofengas und Generatorgas zu einem Gemisch von bestimmtem Heizwert, die Regelung der Temperatur unserer Eisenbahnabteile durch Heizen oder

Kühlen, die Regelung der Temperatur und Feuchte bei der Gewinnung und Erhaltung vieler Lebensmittel.

In der *Regelungsmechanik* finden wir die Stabilisierung des Flugzeuges in seiner Quer- und Längslage und die selbsttätige Regelung des Kurses, die Stabilisierung von Plattformen auf Schiffen zur Aufstellung von Scheinwerfern, Fernrohren und Geschützen, die Regelung von Wasserturbinen und zahlreichen Arbeitsmaschinen, der Fadenspannung z. B. bei Textilmaschinen, aber auch der Spannung des Films in Kinoprojektoren, die Regelung des Laufes der Torpedos. Die Feuerleittechnik kennt ebenso wie die Fernmeldetechnik zahlreiche Regelungsaufgaben. In der Fertigungstechnik berührt sich die Regelung mit der ihr besonders in gerätetechnischer Hinsicht verwandten Steuerung. Die Zahl der Beispiele ließe sich leicht weiter vermehren. Die Technik strebt auf das Ziel hin, Maschinen, Anlagen und Betriebe vollkommen selbsttätig laufen zu lassen.

Über diese mannigfachen technischen Regelungsaufgaben hinaus finden wir die *Regelung in der Pflanze, beim Tier und beim Menschen.* Die wesentliche Unveränderlichkeit der Temperatur des menschlichen Körpers, des Blutdrucks, der Pulsfrequenz, das Aufrechtstehen und Gehen und viele andere Größen sind ein Ergebnis von Regelungsvorgängen. Denken wir auch an die katalytischen Vorgänge im Organismus im Dienste der Regelung. Die Unveränderlichkeit der Gestalt der organischen Bildungen, die sich nach Verletzungen wiederherstellt, ist ein weiteres Beispiel der Regelung, die ebenso ein Grundproblem der Technik wie der Physiologie ist.

Wenn wir von einer nahen Verwandtschaft der organischen und der technischen Regelung überzeugt sind, so braucht diese Verwandtschaft sich nicht in der anatomischen und baulichen Gestaltung der beiderseitigen Regeleinrichtungen zu offenbaren, sondern vielmehr in einer Analogie der Wirkungszusammenhänge, also der

Dynamik der Regelung. Auch in der Technik können baulich sehr verschiedene Regler dynamisch eine sehr ähnliche Wirkung auf den Ablauf der Regelung haben, und baulich gleichgestaltete Teile eines Reglers können sehr verschiedenartige Wirkungen haben.

Auch der Staat kann hinsichtlich mancher seiner Äußerungen schematisch als Regler des freien Kräftespiels angesehen werden, z. B. in der geregelten Wirtschaft bei der Festsetzung von Preisen, die den sich aus Angebot und Nachfrage ergebenden Schwankungen durch den regelnden Eingriff des Staates entzogen sind.

Die Aufgabe und ihre grundsätzliche Lösung

Wie sieht das diese so mannigfaltigen Aufgaben verknüpfende Problem grundsätzlich aus?

Die Aufgabe der Regelung wird am besten in ihrer Allgemeinheit erkannt, wenn man sie der Aufgabe der Messung gegenüberstellt, an die sie sich übrigens geschichtlich häufig anschließt. Der Zweck der Messung ist es, den Wert einer einzelnen konstanten Größe oder den funktionalen Zusammenhang verschiedener Größen festzustellen. Die Aufgabe der Regelung ist es, den Wert einer einzelnen konstanten Größe oder den funktionalen Zusammenhang zwischen verschiedenen Größen herzustellen, und zwar auf Grund der Messung der beteiligten Größen oder von Substitutionsgrößen.

In vielen Fällen ist die Regelgröße, d. h. die zu regelnde Größe, innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes konstant zu halten, z. B. die Temperatur eines Ofens auf einen bestimmten Wert, z. B. 700 °. Man sieht an dieser Aufgabe, ein bestimmtes Gleichgewicht zwischen zufließender und abfließender Energie aufrecht zu erhalten, daß man den Zweck der Regelung auch darin sehen kann, die Regelgröße unabhängig von äußeren, störenden Einflüssen zu machen, dadurch, daß man dem zu regelnden System, also z. B. dem Ofen, durch einen Regler eine bestimmte Eigengesetzlichkeit gibt.

Aufbau des Regelkreises

Bild 1 zeigt das Schema des Regelkreises. Der Regelkreis besteht aus der Regelstrecke *e*, also dem zu regelnden System als dem Träger der Regelgröße, z. B. einem Ofen, einem Kessel, einer Turbine, einem Flugzeug oder einer Gasleitung und aus dem Regler. In die Regelstrecke ist das Meßgerät *c*, z. B. ein Thermometer, eingebaut. Es ist mit dem Meßwerk *h* verbunden. Die Einrichtung *i* erlaubt, den Sollwert der zu regelnden Größe, also z. B. eine Temperatur von 700 °, einzustellen.

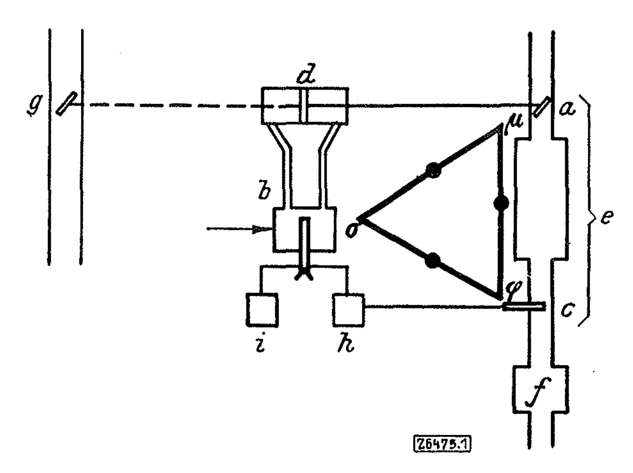


Bild 1. Schema des Regelkreises.

μ Stellung des Regelgliedes *a*
φ Regelunterschied
σ Ausschlag des Kraftschalters *b*
c Meßgerät
d Stellmotor
e Regelstrecke
f Verbraucher
g Steuerglied
h Meßwerk
i Sollwertgeber

Es wird nun der Unterschied zwischen dem Istwert und dem Sollwert, der sogenannte Regelunterschied, auf den Kraftschalter *b* übertragen, dessen bewegliches Glied der Größe des Regelunterschiedes entsprechend aus-

schlägt. Durch diesen Ausschlag wird die Bewegung eines z. B. mit Drucköl betriebenen Stellmotors d eingeleitet, der mit dem in der Regelstrecke angeordneten Regelglied a verbunden ist. Der Kraftschalter b dient wesentlich der Verstärkung der der Regelstrecke durch das Meßgerät c entnommenen Fühlkraft, die häufig allein nicht ausreicht, die Regelarbeit zu leisten. Wenn die Fühlkraft allein ausreicht, wird das Meßwerk h unmittelbar mit dem Regelglied a verbunden; wir haben dann einen unmittelbar wirkenden Regler, andernfalls, wie in Bild 1, einen mittelbar wirkenden Regler, vor uns. Dem Kraftschalter-Ausschlag σ ist z. B. die Stellung μ des Regelgliedes oder auch dessen Stellgeschwindigkeit $\dot{\mu}$ zugeordnet; vgl. in Tafel 1 $\sigma(\mu)$.

Der Regelkreis schließt sich von c über h, i, b, d, a durch die Regelstrecke e. Bei f ist ein die Regelstrecke belastender Verbraucher an sie angeschaltet.

In dem mit starken Linien eingezeichneten Dreieck bedeuten μ die Stellung des Regelgliedes a, φ den Regelunterschied und σ den Ausschlag des Kraftschalters b. Jede der genannten Größen ist mit der folgenden durch eine Beziehung, meist eine Differentialgleichung, verknüpft, Tafel 1. Es kann notwendig sein, mehrere Größen einzuführen, so daß der Regelkreis nicht nur in drei, sondern in mehr Kreisabschnitte unterteilt ist. Wesentlich ist die Geschlossenheit des Regelkreises, der die Geschlossenheit des funktionalen Zusammenhanges der beteiligten Größen entspricht.

Geben wir diese Geschlossenheit des Regelkreises auf und lassen den Stellmotor d auf ein Steuerglied g wirken, das in einem von der Regelstrecke e unabhängigen System angeordnet ist, so haben wir es mit einer S t e u e r u n g zu tun, für die die fühlergesteuerten Arbeitsmaschinen ein bekanntes Beispiel sind. Auch ein Teil des Regelkreises z. B. von φ bis σ, ja gerätetechnisch gesehen der ganze Regelkreis von φ bis μ, ist eine Steuerstrecke, wenn nur der Kreis und der besprochene funktionale Zusammen-

hang nicht geschlossen sind. Man sieht, daß sich gerätetechnisch ein Regelkreis und eine Steuerstrecke in den einzelnen Bauteilen nicht zu unterscheiden brauchen; das Unterscheidungsmerkmal für Regelung und Steuerung ist die Geschlossenheit des funktionalen Zusammenhangs der bezeichneten Größen. Diese Geschlossenheit kann bei der Regelung auch durch einen Menschen hergestellt werden, der auf Grund der Ablesung des Regelunterschiedes an einem Meßgerät das Regelglied verstellt.

Der Regelkreis ein Schwingungssystem

Ein solcher Regelkreis ist in theoretischer Hinsicht ein schwingendes System, vergleichbar einem elektrischen Schwingungskreis oder einem System gekoppelter Schwingungskreise. Denken wir uns den Sollwert der Regelgröße irgendwie gestört, so daß ein Regelunterschied auftritt, so ist der zeitliche Verlauf des Regelvorganges, in dem die Regelgröße ihren Sollwert wieder zustrebt, grundsätzlich ein Schwingungsvorgang.

Die Störung des anfänglichen Gleichgewichtes und damit des Sollwertes der Regelgröße kann man sich durch äußeren Anstoß des Regelkreises, z. B. durch Änderung der Belastung der Regelstrecke, etwa plötzlich verstärkten Energieabfluß, verursacht denken oder auch durch Selbsterregung des Regelkreises. In dem ersten Falle wendet man das Verfahren der kleinen Schwingungen an. Es führt in vielen Fällen unter tragbaren Voraussetzungen zu einem System simultaner linearer Differentialgleichungen mit unveränderlichen Beiwerten und der äquivalenten Differentialgleichung.

Bekanntlich wird ihre Lösung schon von der dritten Ordnung an mühsam und unübersichtlich. Auch wenn man auf sie, also auf die Angabe des zeitlichen Verlaufs der Regelgröße, verzichtet und sich auf die mit Hilfe der Determinante der Beiwerte leicht zu erhaltenden Stabilitätsbedingungen beschränkt, wird es mit steigender Ordnung der Gleichung schwierig und schließlich unmöglich,

den Einfluß der Konstanten des Regelkreises, aus denen sich die Beiwerte zusammensetzen, auf die Stabilität zu übersehen. Die weitere Entwicklung von heute schon öfter benutzten graphischen Verfahren wird hier manchmal helfen können; auch die Operatorenrechnung kann manche Erleichterung bringen. Bei dem Verfahren der selbsterregten Schwingungen denkt man sich den Regelkreis an eine Stelle, z. B. am Orte des Meßgerätes, aufgeschnitten und verfolgt die Änderungen, die der Istwert der Regelgröße durch den Eingriff des Reglers erleidet, wenn man den Meßwert vorschreibt, z. B. ihn sich nach einer Sinusfunktion beliebiger Frequenz oder auch sprunghaft ändern läßt. Man bekommt in der Tat durch Vergleich der Größe und Phase vom aufgezwungenen Meßwert und dem sich daraus ergebenden Istwert einen klareren Einblick in die Bedeutung der einzelnen die Stabilität bestimmenden Größen. Die Beantwortung der Frage nach

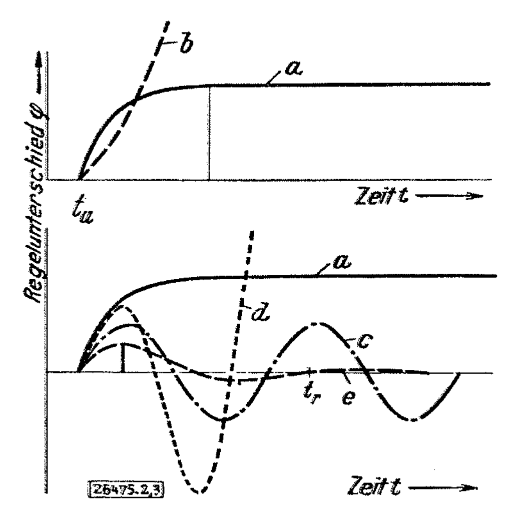


Bild 2. Verlauf der Regelgröße nach Störung des Gleichgewichts in einer Regelstrecke mit und ohne Ausgleichsvorgang, Kurven *a* u. *b*.

Bild 3. Verlauf der Regelgröße unter dem Einfluß des Reglers, Kurven *c*, *d*, *e*.

a mit Ausgleichsvorgang
b ohne Ausgleichsvorgang
c harmonische Schwingung
d aufschaukelnde Schwingung
e gedämpfte Schwingung
t_r Regelzeit, von t_a an gerechnet

dem zeitlichen Verlauf der Regelgröße unter dem Einfluß des Reglers führt jedoch zu Integralgleichungen, deren Gebrauch heute noch nicht sehr verbreitet ist.

Es wird eine noch recht beträchtliche Arbeit zu leisten sein, bis handliche mathematische Mittel zur Berechnung des Regelungsvorganges in beliebigen, auch gekoppelten Regelkreisen vorhanden sind.

Ausgleichsvorgang und Regelungsvorgang

Der Regelungsvorgang und der Aufbau des Reglers werden wesentlich durch das Verhalten der Regelstrecke bei einer Störung ihres Gleichgewichtes bestimmt. Die Kurven *a* und *b* in Bild 2 beschreiben das grundsätzliche Verhalten der Regelstrecken. Wir denken uns das Regelglied zu einem Zeitpunkt t_a plötzlich um einen gewissen Betrag verstellt[3]); eine Regelstrecke kann dann ein doppeltes Verhalten zeigen: entweder die Regelgröße nimmt nach dieser Störung einen neuen Festwert an, Kurve *a*; wir haben also einen Ausgleichsvorgang, oder dies ist, wie Kurve *b* zeigt, nicht der Fall; es stellt sich nach der Störung kein neuer Gleichgewichtszustand her. Das Gesetz für das Verhältnis der Regelstrecke kann in dem einen und dem anderen Fall sehr verschieden sein. Der neue Gleichgewichtszustand kann dem ursprünglichen mehr oder weniger nahe liegen; der zeitliche Verlauf des Regelunterschiedes φ ist je nach der Größe der den Wert der Regelgröße bestimmenden Energie- oder Mengenspeicherung in der Regelstrecke sehr verschieden.

Wenn wir z. B. bei einem auf gleichbleibender Temperatur befindlichen Ofen das Ventil für die Ölzufuhr zum Brenner etwas mehr öffnen, so wird sich nach einiger Zeit ein neuer Gleichgewichtszustand einstellen. Wenn wir dagegen z. B. bei einem Flugzeug das Seitenruder oder bei einem Schiff das Ruder verstellen oder auch bei einem Dampfkessel das Speisewasserventil in einem

Augenblick des Gleichgewichtes zwischen Dampferzeugung und eingespeister Wassermenge verstellen, so wird sich ein solcher Gleichgewichtszustand nicht einstellen.

In Bild 3 sind die bekannten grundsätzlichen Fälle für den Verlauf der Regelgröße unter dem Einfluß des Reglers, also bei geschlossenem Regelkreis, aufgezeichnet. An Stelle der für die Regelstrecke ohne Regler geltenden Kurven *a*, *b*, Bild 2, für den Verlauf der Regelgröße bei einer Störung des Gleichgewichtes der Regelstrecke tritt nun der zeitliche Verlauf der Regelgröße unter dem Einfluß des Reglers. Es kann sein, daß die Regelgröße harmonische Schwingungen um ihren Sollwert ausführt, Kurve *c* in Bild 3, es kann auch sein, daß sich ihr Ausschlag mit der Zeit vergrößert, Kurve *d*. Diese beiden Fälle von Pendelungen sind keine Lösungen der Regelungsaufgabe; Regelkreise, die sich so verhalten, sind unbrauchbar. Es bleibt der dritte Fall, Kurve *e*, in dem der Regelunterschied in einer gedämpften Schwingung oder auch aperiodisch in der Zeit t_r, der Regelzeit, die von dem Augenblick t_a der Verstellung des Regelgliedes an rechnet unter eine vorgegebene Grenze absinkt. Kennzeichnend für die Güte der Regelung sind, abgesehen von der immer erforderlichen Stabilität, die Größe der Regelzeit und der größte Regelunterschied, der bei einer gegebenen anfänglichen Störung des Gleichgewichtes der Regelstrecke unter dem Einfluß des Reglers noch auftritt. Beide müssen ein Kleinstwert sein.

Bedeutung der zeitlichen Differentialquotienten für die Stabilität der Regelung

Ein Regelkreis nach dem in Bild 1 gegebenen einfachen Schema wird die hauptsächliche Bedingung der Stabilität des Regelvorganges oft nicht erfüllen. Der Grund für seine Instabilität sind die Verzögerungen, mit denen ein vorhandener Regelunterschied gemessen, auf

den Krafthalter und das Regelglied übertragen wird und mit denen schließlich die Verstellung des Regelglieds sich auf die Größe des Regelunterschiedes auswirkt.

Für die Herstellung einer stabilen Regelung hat man sehr verschiedene Hilfsmittel benutzt, die aber stets den Zweck haben, die genannten Verzögerungen unwirksam zu machen. Es soll hier nicht der sehr notwendige Versuch einer planmäßigen Ordnung der Hilfsmittel für die Stabilisierung gemacht werden.

Allgemein bekannt und auch außerhalb der Maschinendrehzahl- und Leistungsregelung heute vielfach verwendet sind die Rückführungen; es sind dies starre oder nachgiebige, auch mit thermischen Mitteln durchgeführte Gegenkopplungen der Ausgangsseite des Kraftschalters mit seiner Eingangsseite, also z. B. der Stellung des Stellmotors mit dem beweglichen Kraftschalterglied; die Gegenkopplung kann durch Hintereinander- oder Parallelschalten der Rückführglieder zum Regler erreicht werden. Ein weiteres Stabilisierungsmittel ist die Anwendung einer Hilfsregelstrecke mit Verzögerungszeiten, die kürzer sind als die der Hauptregelstrecke. Beim trommellosen Bensonkessel wird die Stabilität der Heißdampftemperatur-Regelung durch eine dem Hauptstrom parallel geschaltete Nebenheizfläche wesentlich geringerer Verzögerung erreicht.

Die gegenwärtige Entwicklung der Regelungstechnik bevorzugt ein weiteres Mittel zur Stabilisierung des Regelungsvorgangs. Es sind dies die zeitlichen Ableitungen des Regelunterschiedes bzw. der Regelgröße. Schon wenn man die einfache Aufgabe, eine Regelgröße in einem Intervall gleichbleibend zu halten, genauer stellt, stößt man auf die Heranziehung des Differentialquotienten. Denn eine Funktion innerhalb eines Intervalles gleichbleibend zu halten, bedeutet, daß in diesem Intervall ihre zeitlichen Ableitungen sämtlich verschwinden müssen. Es ist also durchaus gegeben, dafür zu sorgen, daß dies eintritt, woraus sich die Benutzung der Differential-

quotienten zum Zweck der Konstantregelung sofort ergibt.

Wenn eine Regelstrecke keinen Ausgleichsvorgang zeigt, also durch die Verstellung des Regelgliedes nicht ein bestimmter, neuer Regelunterschied, sondern z. B. die erste oder zweite Ableitung des Regelunterschiedes bestimmt ist, so zeigt die Aufstellung des Gleichungssystems für den Regelkreis alsbald, daß zur Dämpfung des Regelvorganges die zeitliche Ableitung der Regelgröße ein sehr einfaches Mittel ist. Schließlich braucht man nur den Arbeiter zu beobachten, der bei Regelung von Hand auf Grund der Ablesung des Regelunterschiedes an einem Meßgerät stets den Differentialquotienten mit berücksichtigen wird: Wächst der Regelunterschied, so wird er das Ventil mehr, nimmt der Regelunterschied ab, so wird er das Ventil weniger verstellen als bei gleichbleibendem Regelunterschied.

Bild 4 und 5 erläutern die Wirkung der zeitlichen Ableitungen auf den Regelungsvorgang. Der Regelunterschied φ wächst mit der Zeit t nach der Kurve a, Bild 4. Würde in einem beliebigen Zeitpunkt t_1 durch den Regler alsbald eine der Größe des Regelunterschiedes entsprechende Gegenwirkung auftreten, so würde der Regelunterschied sofort verschwinden, und dies wäre offenbar der Idealfall der Regelung.

Zwischen dem Auftreten des Regelunterschiedes und der endgültigen Auswirkung der durch den Regler veränderten Stellung des Regelgliedes auf die Regelgröße vergeht aber eine Zeit, die von der Größenordnung eines Bruchteils einer Sekunde sein, aber auch eine halbe Stunde und mehr betragen kann. Je größer diese Zeit ist, um so nachteiliger ist dies, wie oben angedeutet, für die Stabilität des Regelungsvorganges. Die Verzögerungszeit setzt sich zusammen aus der Zeit von dem Auftreten des Regelunterschiedes bis zum Verstellen des Regelgliedes, der sogenannten Laufzeit des Reglers, und der Zeit von der Verstellung des Regelgliedes bis zu ihrer endgültigen Auswirkung auf die Regelgröße, der so-

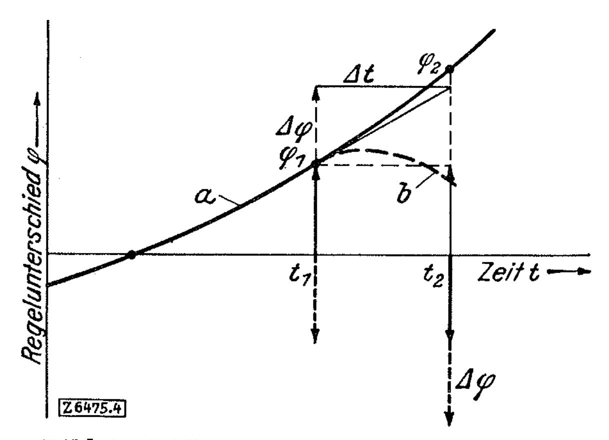


Bild 4. Differentialquotienten-Regelung.
a und *b* verschiedener zeitlicher Verlauf des Regelunterschieds. Der Verlauf *b* ist von t_1 aus durch Extrapolation nicht zu bestimmen

genannten Übergangszeit. Man wird also Laufzeit und Übergangszeit zusammen so klein wie möglich machen, was durch den Bau der Regelstrecke, die Wahl des Ortes der Meßstelle und die Verwendung eines möglichst wenig trägen Meßgerätes mehr oder weniger erreicht werden kann. Man sieht an Bild 4, daß der Regler zu wenig tut, wenn die Zeit bis $t_2 - t_1$ verstreicht, bis sich seine Gegenwirkung auf Grund des Regelunterschiedes φ_1 zur Zeit t_1 vollständig ausgewirkt hat, denn in der Zwischenzeit $t_2 - t_1$ ist der Regelunterschied auf φ_2 gewachsen.

Wenn es nun nicht gelingt die Gesamtverzögerungszeit ausreichend klein zu machen, so wird man bestrebt sein, die im Zeitpunkt t_2 notwendige Gegenwirkung bereits im Zeitpunkt t_1 einzuleiten. Dies gelingt, wie man aus der Schiffskursregelung lange weiß, wenn man im Zeitpunkt t_1 nicht nur den vorhandenen Regelunterschied φ_1, sondern auch seine zeitliche Ableitung mißt und

die Summe beider Größen

$$\varphi_1 + k \frac{d\varphi}{dt}$$

auf den Regler wirken läßt. Der Beiwert k, der hier nicht interessiert, kann auch von der Stellung oder der Geschwindigkeit eines Gliedes des Reglers abhängig gemacht werden. Man sieht, daß man auf diese Weise der in t_2 notwendigen Gegenwirkung um einen Betrag $\Delta\varphi$ näher kommt; durch Berücksichtigung einer weiteren Ableitung kann der Erfolg noch verbessert werden. Es versteht sich, daß dieses Verfahren nur dann erlaubt ist, wenn der zeitliche Verlauf des Regelunterschiedes in dem fraglichen Vorhalteintervall gewissen Bedingungen genügt. Insbesondere dürfen die zeitlichen Ableitungen nicht verschwinden, wenn sie im Anfang des Intervalles einen endlichen Wert hatten; vgl. in Bild 4 den gestrichelt gezeich-

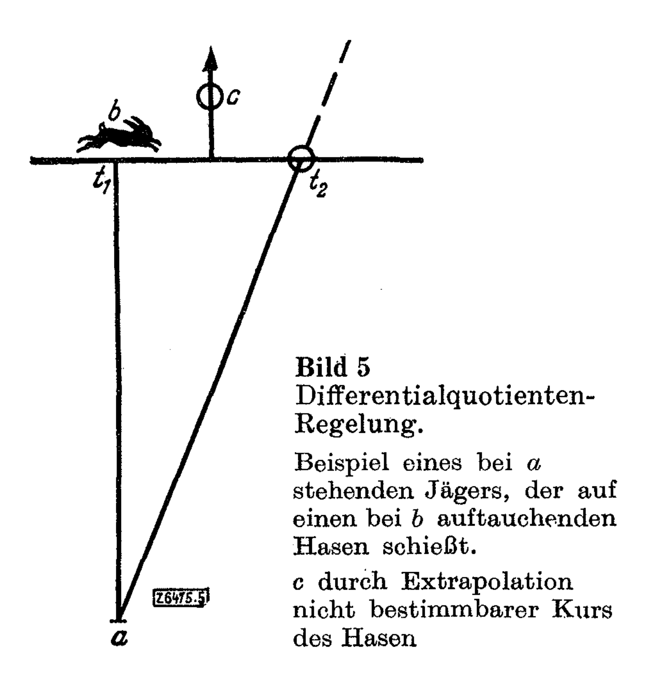


Bild 5
Differentialquotienten-Regelung.

Beispiel eines bei *a* stehenden Jägers, der auf einen bei *b* auftauchenden Hasen schießt.

c durch Extrapolation nicht bestimmbarer Kurs des Hasen

neten Verlauf b von φ in der Zeit $t_2 - t_1$. Bei der genaueren Erörterung ist auch zu berücksichtigen, daß nicht der Differentialquotient, sondern der Differenzenquotient gegeben ist, und zwar entweder als unmittelbares Meßergebnis, oder als eine Größe, die aus der Messung von φ abgeleitet ist.

Bild 5 erläutert denselben Sachverhalt wie Bild 4. Wenn der Jäger, der bei a steht, den zur Zeit t_1 auftauchenden Hasen bei b augenblicklich beobachtet, sofort schießt und das Geschoß mit gegen unendlich gehender Geschwindigkeit sein Ziel erreicht, so bleibt der Hase in b alsbald auf der Strecke. Die Laufzeit, die vergeht von dem Erscheinen des Hasen bis zum Abdrücken des Gewehrs, das der Verstellung des Regelgliedes entspricht, und die Übergangszeit, in der nach dem Abdrücken das Geschoß vom Gewehr bis zum Hasen fliegt, ist dann verschwindend klein. Ist dies jedoch nicht der Fall, so muß der Jäger berücksichtigen, an welcher Stelle der Hase nach Ablauf der Laufzeit und der Übergangszeit zu einer Zeit t_2 sein wird. Dazu wird er die Geschwindigkeit und gegebenenfalls die Beschleunigung des Hasen heranziehen — u. U. gestattet aber, wie eingezeichnet, der Kurs c des Hasen die Extrapolation nicht.

Der Differentialquotient kann durch elektrische Schaltung oder mit Hilfe federgefesselter Kreiselgeräte durch deren Präzessionsmoment und Lagerrückdruck gemessen werden, wodurch wie beim Wendezeiger die Winkelgeschwindigkeit und die Winkelbeschleunigung z. B. eines Flugzeuges bestimmt sind.

Daß man übrigens bei der Verwendung des Differentialquotienten zur Stabilisierung vorsichtig sein muß, zeigt folgendes: falls der Regelunterschied in Abhängigkeit von der Zeit beispielsweise eine Cosinusfunktion ist und falls man die zweite Ableitung heranzieht, würde der Regler in jedem Augenblick insgesamt den Einfluß null ausüben, wenn die Beiwerte bestimmte Werte haben.

Vielfach stützt man sich auf die einfache Überlegung, daß bei einem auftretenden Regelunterschied möglichst

frühzeitig eine beträchtliche Gegenwirkung ausgeübt werden muß, und addiert daher zu dem Regelunterschied eine von dem Differentialquotienten abhängige Größe großen Betrages. Dabei kann die Summe beider Werte über den für die besprochene Extrapolation erlaubten Wert wesentlich hinausgehen, und Werte annehmen, die der Regelunterschied selbst nicht erreicht.

Es ist lehrreich, sich im Zusammenhang mit dieser durch die Berücksichtigung der zeitlichen Ableitungen erreichten Vordatierung der Regelwirkung um die Lauf- und Übergangszeit einer Einteilung der Regler zu erinnern, die *Grashof* 1875 in seiner „Theoretischen Maschinenlehre" gegeben hat; er unterscheidet:

1. Regler, die durch dieselbe Ursache in Bewegung gesetzt werden, die die Belastung ändert,
2. Regler, die durch die erfolgte Belastungsänderung, und
3. Regler, die durch die Änderung der Regelgröße in Bewegung gesetzt werden.

Auch dieser Einteilung liegt bereits die Erkenntnis zugrunde, daß es für die Güte der Regelung um so besser ist, je früher die Gegenwirkung gegen den Regelunterschied einsetzt. Hat man die Temperatur eines mit Gas beheizten Ofens zu regeln, so wird man das Meßgerät des Reglers nicht oder nicht nur die Ofentemperatur, also die Regelgröße, messen lassen, sondern eine sie bestimmende Größe, nämlich die Flammentemperatur, oder noch besser, deren ursächliche Größe, den Heizwert.

Der aufgetretene Regelunterschied ist das regeltechnische „malum", für das das alte Wort gilt: „Omne malum nascens facile opprimitur" (Jedes Übel wird im Entstehen leicht unterdrückt). Ob im organischen Bereich, in welchem die Berücksichtigung der zeitlichen Ableitungen, z. B. bei der Gleichgewichtsregelung, vorkommt, sich die *Grashofsche* Einteilung der Regler ebenfalls bewähren wird, bleibt abzuwarten.

Die synthetische Funktion der Regelungstechnik

Für den Unterricht

Die synthetische Funktion der Regelungstechnik für das technische Können und Wissen und den Unterricht beruht darauf, daß der Regelkreis mit gleicher grundsätzlicher Wirkungsweise in einer außerordentlichen Fülle verschiedenartiger Konstruktionen in Erscheinung tritt. Wie die oben genannten Beispiele zeigen, kann vor allem die Regelstrecke aus allen Gebieten der Technik stammen; sie kann eine Kraft- oder Arbeitsmaschine sein, ein Flugzeug, ein Ofen, eine Gas- oder Wasserleitung, ein elektrisches Netz usw. Auch der meßtechnische Teil der Regelanordnung kann sehr verschiedenartig und dem weiten Gebiet der mechanischen, thermischen und elektrischen Meßtechnik entnommen sein. Hinzu kommt noch die Mannigfaltigkeit der übrigen Bauelemente des eigentlichen Reglers, besonders der Kraftschalter und der Einrichtungen zum Vergleich von Ist- und Sollwert.

Es ist nun nicht so, daß es nur notwendig wäre, aus all den in Betracht kommenden Wissensgebieten die Kenntnisse über die Regelstrecke, die Meßgeräte und die übrigen Reglerteile zusammenzutragen. Das wäre keine Synthese. Die Dinge liegen anders. Der Regelkreis ist ein Ganzes, dessen Glieder in ihren Einzeleigenschaften durch die übergeordnete Eigenschaft des Ganzen bestimmt sind. Es ist daher notwendig, die Teile des Reglers, das Meßgerät und insbesondere die Regelstrecke unter der übergeordneten Forderung der Stabilität des Ganzen, allgemeiner der Güte der Regelung, zu bestimmen. Das führt häufig auf Fragen, die außerhalb des Zusammenhangs des Regelkreises nicht gestellt und in den verschiedenen Fakultäten auch nicht beantwortet zu werden brauchen. Der anderweit bereitliegende Stoff an Wissen muß also wesentlich ergänzt und umgestaltet werden, damit er sich in eine allgemeine Regelungskunde einfügt. Der Regelkreis wird zum Zeichen der Einheit

sehr verschiedener Arbeitsrichtungen werden, einer Einheit, die wegen der Analogie des technischen und des organischen Regelkreises, organische Einheit heißen kann.

Für die Industrie

Wie für die Theorie und die Lehre, so ist auch für die Entwicklungsarbeit der Industrie die Tatsache bestimmend, daß der Regelkreis ein Ganzes ist.

An die Meßtechnik z. B. stellt der Regelkreis eine ganze Reihe von Forderungen:

1. Für die Regelung sind Meßgeräte mit kleinen Zeitbeiwerten notwendig. Diese Aufgabe ist z. B. für die Messung des Heizwertes durch einen sofort anzeigenden Wärmemengenmesser noch nicht recht gelöst; das Thermoelement verdrängt das trägere mechanische Thermometer und wird selbst für den oberen Teil seines Meßbereiches durch die trägheitslose lichtelektrische Zelle verdrängt.

2. Wir brauchen Meßgeräte für die zeitlichen Ableitungen von Meßgrößen der verschiedensten Art; die Kreiseltechnik hat hier bereits gute Beiträge geliefert.

3. Der Regler erfordert den Bau astatischer Meßwerke mit Rücksicht auf den gleichbleibenden Wert der Regelgröße, statischer Meßwerke mit Rücksicht auf die Stabilität. Häufig muß beiden Forderungen genügt werden durch Meßgeräte mit vorübergehender Statik.

4. Es ist häufig nötig, die primären Meßgrößen verschiedener Art, z. B. Leistung, Frequenz, ihre Integrale und Ableitungen auf Gleichströme zurückzuführen, um mit ihnen bequem Rechenoperationen verschiedener Art ausführen zu können, bevor sie auf den Regler wirken.

So entsteht durch die Forderungen der Regelung eine besondere Regelungsmeßtechnik, zu der auch diejenigen Geräte gehören, die z. B. wie die selbsttätigen Kompensatoren selbst Regelungseinrichtungen sind.

Noch wichtiger als der Einfluß des Regelkreises auf die Meßtechnik ist sein Einfluß auf die Regelstrecke.

Hätte sich der Dampfkessel von vornherein in Verbindung mit der Regelungstechnik als Regelkessel entwickeln können, so wäre seine Geschichte eine andere, vor allem kürzere. Der Bensonkessel, bei dem mit Rücksicht auf eine gute Regelung der Einbau einer besonderen Trommel oder als Ersatz dafür einer Nebenheizfläche und besondere Überhitzeranordnung erforderlich wurden, ist ein Beispiel aus der jüngsten Geschichte des Kessels.

Schon frühzeitig ist die gute Regelbarkeit mit Recht zum entscheidenden Merkmal für die Brauchbarkeit einer Anlage gemacht worden[4]). Was für die Turbine gilt, gilt für den Kessel, für die Öfen und für alle nur möglichen Regelstrecken.

Es ist eine sehr bedeutsame Aufgabe der Rationalisierung, die an der Erstellung eines Regelkreises beteiligte Industrie in engeren Zusammenhang untereinander zu bringen. Es ist nicht nur notwendig, die Regler bauenden Firmen zusammenzubringen, sondern vor allem auch die Erzeuger der Regelstrecken mit den Erzeugern der Regler. Wer Öfen oder Kessel baut, gehört mit dem zusammen, der die Regler dazu baut. Öfen, Maschinen, Kessel und alle anderen fraglichen Systeme müssen von vornherein als hochwertige Regelstrecken gebaut werden.

Wir haben in dem VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik bereits damit begonnen, diejenigen zusammenzuführen, die zusammengehören. Die Gemeinschaftsarbeit setzt zunächst eine gemeinsame Sprache voraus. Die Klärung der Begriffe, Bezeichnungen und Symbole in der Regelungstechnik ist in Angriff genommen. Es herrscht hier ein wirres Durcheinander eigenwilliger Prägungen, das den Erfahrungsaustausch sehr erschwert.

Die gemeinschaftliche Entwicklungsarbeit setzt weiter die Kenntnis des Standes der Technik voraus. Die Bearbeitung des Schrifttums einschließlich des Patentschrifttums ist ebenfalls begonnen worden[5]);

allen, die es wünschen, werden die Schrifttumberichte zugänglich gemacht werden. Wir hoffen, dies auch für die ausgelegten Patentanmeldungen bald möglich machen zu können.

Die Kenntnis des Standes der Technik ist die bekannte notwendige Voraussetzung einer klaren Zielsetzung für die Entwicklungsarbeit. Bekanntes zu erfinden, ist unverantwortliche Vergeudung besten nationalen Gutes. Sie muß verhindert werden. Sie wird um so besser vermieden werden, je gründlicher der Stand der Technik bekannt ist.

Dieser Stand der Technik besteht explicite in den druckschriftlich beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen der Regelungstechnik; implicite aber darüber hinaus aus dem, was man aus dem expliciten Stand der Technik auf Grund allgemeiner Fachkenntnisse insbesondere mit Hilfe ganz bestimmter Regeln entnehmen kann. Derartige Regeln beziehen sich auf die Verknüpfung von Elementen, die in dem Stand der Technik explicite gegeben sind. Solche Verknüpfungsvorschriften sind erstens *Leibniz'* Kombinatorik, zweitens *Maxwells* Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Erscheinungen und drittens die Bildung der mittleren Konstruktion.

Leibniz' „Ars inveniendi"

Die „Ars inveniendi" (die Kunst des Erfindens) nach *Leibniz* ist die kombinatorische Kunst der wechselseitigen Verknüpfung von Elementen; sie eignet sich für die Erfindung von Regelkreisen besonders gut, da diese ein geschlossenes Ganzes aus einer endlichen Anzahl von Elementen darstellen.

Wir erinnern uns an den Regelkreis und seine drei Größen: Die Stellung μ des Regelgliedes, den Regelunterschied φ und den Kraftschalterausschlag σ, die durch drei Gleichungen verbunden sind. Diese Gleichungen be-

Tafel 1. Regelkreiselemente.

$\mu(\varphi)$	$\varphi(\sigma)$	$\sigma(\mu)$
A_1 $\mu = b_1 \dot{\varphi}$	B_1 $\varphi = c_0 \sigma$	C_1 $\sigma = -e_0 \mu$
A_2 $\mu = b_0 \varphi + b_1 \dot{\varphi}$	B_2 $\varphi = c_0 \sigma + c_1 \dot{\sigma}$	C_2 $\sigma = -e_1 \dot{\mu}$
A_3 $\mu = b_0 \varphi + b_1 \dot{\varphi} + b_2 \ddot{\varphi}$	B_3 $\varphi + d_1 \dot{\varphi} = c_0 \sigma + c_1 \dot{\sigma}$	C_3 $\sigma = -e_0 \mu - e_1 \dot{\mu}$

b_0, b_1, b_2, c_0, c_1, d_1, e_0, e_1 Festwerte
μ Stellung des Regelgliedes
φ Regelunterschied
σ Ausschlag des Kraftschalters
A_1 Regelstrecke ohne Ausgleich, z. B. Drehzahlregelstrecke einer Dampfmaschine
A_2 Druckregelstrecke, mit Ausgleich
A_3 Kursregelstrecke eines Schiffes, mit Ausgleich
B_1 σ verhältnisgleich φ
B_2 der Fühlverzug des Meßgerätes ist durch das Glied mit $\dot{\sigma}$ berücksichtigt
B_3 der Differentialquotient $\dot{\varphi}$ und der Fühlverzug nach B_2 sind berücksichtigt
C_1 Kraftschalter mit Stellungszuordnung
C_2 Kraftschalter mit Stellgeschwindigkeits-Zuordnung
C_3 Überlagerung von C_1 u. C_2, z. B. bei den Rückführungen

trachten wir als die Elemente des Regelkreises. Der explicite Stand der Technik lehrt, daß diese drei Gleichungen sehr verschieden sein können. In Tafel 1 sind für jede der drei Gleichungen $\mu(\varphi)$, $\varphi(\sigma)$, $\sigma(\mu)$ drei verschiedene bekannte Formen eingetragen.

Die Gleichung A_1 gilt für eine Regelstrecke ohne Ausgleich, z. B. die Drehzahlregelstrecke einer Dampfmaschine,

A_2 für eine Druckregelstrecke mit Ausgleich und
A_3 für die Kursregelstrecke eines Schiffes mit Ausgleich.

Die Gleichung B_1 setzt den Kraftschalterausschlag σ verhältnisgleich dem Regelunterschied φ;

in B_2 ist der Fühlverzug des Meßgerätes durch das Glied $c_1\dot{\sigma}$ berücksichtigt,

in B_3 der Differentialquotient des Regelunterschiedes nach der Zeit $\dot{\varphi}$ und der Fühlverzug nach B_2.

Die Gleichung C_1 gilt für einen einfachen Kraftschalter mit Stellungszuordnung μ des Regelgliedes,

C_2 für einen Kraftschalter mit Stellgeschwindigkeitszuordnung $\dot{\mu}$,

in C_3 sind die beiden letzten Fälle C_1 und C_2 überlagert, wie dies bei den sogenannten Rückführungen der Fall ist.

Jede Gleichungskombination, die je eine Gleichung der Gruppen A, B, C enthält; ist ein System simultaner Gleichungen und kennzeichnet als solches einen Regelkreis.

Tafel 2. Kombinationen der Gleichungen der Regelkreiselemente B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3 mit A_1, nach Tafel 1.

Kombination	Regelung		Ordnung der Gleichung
	stabil	instabil	
$A_1\ B_1\ C_1$	×		1
$A_1\ B_1\ C_2$		×	2
$A_1\ B_1\ C_3$	×		2
$A_1\ B_2\ C_1$	×		2
$A_1\ B_2\ C_2$		×	3
$A_1\ B_2\ C_3$	(×)		3
$A_1\ B_3\ C_1$	×		2
$A_1\ B_3\ C_2$	(×)		3
$A_1\ B_3\ C_3$	(×)		3

(×) bedingt stabil

Im ganzen gibt es offenbar 3 × 3 × 3 Kombinationen, und es fragt sich, ob sie alle im expliciten Stand der Technik bereits gegeben sind oder nicht und ob sie alle sinnvoll und brauchbar sind.

Bilden wir, um ein Beispiel zu machen, für eine bestimmte Regelstrecke, etwa die nach Gleichung A_1, die keinen Ausgleichsvorgang hat, die Kombinationen mit den Gleichungen B_1, B_2, ... C_3 für die beiden andern Regelkreiselemente, so ergeben sich neun Regelkreise. Die ihnen zugehörigen Gleichungssysteme sind in Tafel 2 zusammengestellt; daneben steht die Ordnungsnummer der das Gleichungssystem ersetzenden Differentialgleichung und ferner ist vermerkt, ob die Regelung durch den betreffenden Regelkreis stabil ist oder nicht.

Bei den Gleichungen dritter Ordnung hängt die Stabilität von dem numerischen Wert der Beiwerte ab. Die Stabilität ist also bedingt. An dem Kombinationsbeispiel ist z. B. zu sehen, daß die Kombination $A_1B_1C_2$ instabil ist; dies liegt an dem fehlenden Ausgleich der Regelstrecke. Ebenso ist die Kombination $A_1B_2C_2$ instabil, und zwar ergeben sich aufschaukelnde Schwingungen; es liegt dies an dem Fühlverzug des Meßgerätes. Dagegen ist bei passender Wahl der Beiwerte bei der Kombination $A_1B_3C_2$ infolge der Einführung des Differentialquotienten Stabilität zu erreichen; der Differentialquotient behebt den Mangel der Regelstrecke, keinen Ausgleich zu haben, und den Mangel des Meßgerätes, mit Verzögerung anzuzeigen.

Die nach dem vorstehenden Beispiel durchzuführende Kombination der gegebenen bekannten Regelkreiselemente wird, wenn man alle bekannten Elemente berücksichtigt, zu neuen Regelkreisen führen, die der Stand der Technik nur implicite, der Möglichkeit nach enthielt. Es gehört mit zur rationellen Bearbeitung des Standes der Technik, ihn auf diese in ihm liegenden, bisher ungenützten Möglichkeiten zu durchmustern.

Es spricht für das Genie von *Leibniz,* daß durch die Erfindertätigkeit in erster Linie gerade diejenigen Regelkreise gefunden werden, die sich mit Hilfe der ars inveniendi auf Grund des Standes der Technik angeben lassen. Die schöpferische Leistung, deren Ergebnis der Gegenstand der Erfindung ist, läßt sich nach ihm nicht selten auf die Kombination von Elementen zurückführen, von denen eine bestimmte Anzahl den Erfindungsgegenstand ausmachen.

Maxwells Analogie

Weiter sei an die *Maxwellsche* Analogie zwischen elektrischen und mechanischen Systemen erinnert. Man kann bekanntlich nach *Maxwell* mechanische Systeme mit Translations- oder Drehbewegungen in elektrische Systeme analogen Verhaltens übersetzen, und zwar gibt es, wie *Poincaré* gezeigt hat, eine unbeschränkte Zahl solcher Übersetzungen. Diese Übersetzungen mechanischer Regelkreise in elektrische Schwingungskreise sind einmal ein Mittel, um dem Elektrotechniker die mechanischen Regler besser zugänglich zu machen, und anderseits um die Hilfsmittel der Elektrotechnik, insbesondere der elektrischen Schwingungstechnik, z. B. zur Dämpfung der Schwingungen im Bereiche der Eigenfrequenzen der Schwingungskreise für die mechanischen Regelkreise nutzbar zu machen. Auch durch diese elektro-mechanischen Übersetzungen kann die Entwicklungsarbeit in der Regeltechnik gefördert werden; denn ein ins Elektrische übersetzter mechanischer Regler kann neu und auch eine Bereicherung des Standes der Technik sein, die man einfach durch die Übersetzungsregeln findet. Wie nützlich die elektrisch-mechanische Analogie sein kann, hat sich besonders auch an der Übertragung der Theorie des gegengekoppelten Verstärkers auf das elektrische Analogon des mechanischen Regelkreises gezeigt[6]).

Bildung der mittleren Konstruktion

Ein drittes planmäßig anwendbares Mittel, den explicit gegebenen Stand der Technik zu erweitern, möchte ich als die „Bildung der mittleren Konstruktion" bezeichnen. Wenn bis zu einer bestimmten Zeit ausschließlich Regler zweier verschiedener Bauarten, etwa elektrische und mechanische Regler, gebaut wurden, so kann man mit Sicherheit erwarten, daß bald Konstruktionen auf den Plan treten, die, als eine Art Mittel zwischen beiden, teilweise von elektrischen und teilweise von mechanischen Bauteilen Gebrauch machen. Die technische Äquivalenz von Einzelteilen des Reglers mechanischer und elektrischer Art, die Verbindung des Reglers mit der Regelstrecke und nicht zuletzt die Forderungen der Güte der Regelung, ermöglichen oder machen oft genug die Ausbildung eines Reglers, der Teile der andern Bauart übernimmt, notwendig.

So kann beim mechanischen Regler die im Hinblick auf die Stabilität der Regelung notwendige Verringerung des Fühlverzuges den Ersatz des mechanischen Temperaturfühlers, z. B. eines Dampfdruck-Thermometers, durch ein Thermoelement oder durch ein Widerstands-Thermometer notwendig machen. Oder bei einem elektrischen Regler wird der Kraftschalter, um die Proportionalität der Stellgeschwindigkeit des Regelgliedes mit dem Regelunterschied zu erreichen, hydraulisch als Strahlrohr-Kraftschalter oder Kraftschalter mit Auslaßdrossel ausgebildet.

Regelungstechnik als methodische Vollendung der Technik

Je mehr sich die synthetische Funktion der Regelungstechnik für den Unterricht und die Entwicklungsarbeit der Industrie auswirkt, um so mehr wird offenbar werden, daß es sich in der Regelungstechnik um ein technisches Grundproblem handelt, mit dem die methodische

Entwicklung der Technik abschließt, und mit dem die Stellung des Menschen zur Technik grundsätzlich verändert wird.

Im Gegensatz zur Tiertechnik zeigt unsere menschliche Technik Entwicklung. Die Tiertechnik entwickelt sich nicht oder nicht mehr; sie ist gegenüber unserer Technik jedenfalls quasistatisch.

Die geschichtliche Entwicklung unserer Technik ist von der fortschreitenden Zweckerfüllung begleitet. Wir können nach dem verschiedenen Grad der Zweckerfüllung durch das technische Objekt drei Stufen der Entwicklung unterscheiden:

1. die des Werkzeuges,
2. die der Kraft- und Arbeitsmaschine und
3. die des geregelten Systems, des Automaten.

Jede folgende Stufe umfaßt die vorhergehende und fügt ihr etwas hinzu, die letzte Stufe umfaßt den Gesamtverlauf der Technik. Nehmen wir als Beispiel für diese Entwicklung die technische Lösung des Problems des Fliegens. Auf der ersten Stufe schafft sich der Mensch ein Werkzeug zum Fliegen, die Schwingen des *Dädalus* und *Ikarus*. Der Aufwand an Kraft, der zum Fliegen notwendig ist, und der Aufwand auch an Geist zur Einhaltung des Gleichgewichts eines bestimmten Kurses ist ausschließlich Sache des Subjekts; objektiviert ist nur das Werkzeug, das den Zweck nur mit Hilfe des Menschen erfüllt.

Auf der zweiten Stufe, dem Motorflugzeug, ist auch die Kraft zum Fliegen objektiviert; der Grad der Zweckerfüllung durch das technische Objekt ist gestiegen.

Auf der dritten Stufe des selbstgesteuerten und stabilisierten Flugzeuges ist aller Aufwand des Subjekts objektiviert; der Zweck des Fliegens ist durch das selbsttätig gesteuerte und stabilisierte Flugzeug vollständig erfüllt, das Subjekt ist aus dem Bereich der für die Erfüllung des gesetzten Zweckes notwendigen Mittel vollständig ausgeschieden. Das technische Objekt ist voll-

ständig, da es den gesetzten Zweck selbsttätig ohne Zutun des Subjekts erfüllt. So ist die den Akt der Objektivierung abschließende Regelungstechnik die methodische Vollendung der Technik.

Gerade auf der letzten Stufe der technischen Vollendung macht die Technik in der Regelung ein Problem offenbar, mit dem sie, selbst eine Äußerung des Lebens, ihre Verwandtschaft mit dem Grundproblem des Lebens erweist, das ebenfalls Regelung heißt.

Die wirtschaftliche Auswirkung der Regelungstechnik

Die wirtschaftliche Auswirkung der Regelungstechnik ist ebenso wie ihre technische Entwicklung an dem ihr zukommenden Maßstabe gemessen heute in der Hauptsache noch Sache der Zukunft. Sie ist aber schon heute gewährleistet, denn sie ist begründet in der Ausschaltung des Subjekts aus dem Bereich der technischen Mittel. Schon heute ist in zahlreichen Fällen der Mensch nicht in der Lage, die durch den Regler gutgelöste Aufgabe auch nur einigermaßen ebensogut zu lösen. Wie beim Messen, dem Feststellen funktionaler Zusammenhänge, so auch beim Regeln, ihrem Herstellen, ist das Subjekt die häufigste und stärkste Fehlerquelle.

Wir kommen zur genauen Betriebsführung, zum vollständig subjektlosen objektiven Betrieb, der allein Rohstoff und Energie verlustfrei verwerten kann und damit zu einer Steigerung der Güte und der Menge der Erzeugnisse bei geringstem Aufwand. Ohne den Automaten in der Betriebs-, Verfahrens- und Fertigungstechnik ist der europäische Wirtschaftsraum nicht auszufüllen. Soweit Wirtschaft aus Technik entspringt, entspringt aus der die Technik vollendenden Regelungstech-

nik eine geregelte Wirtschaft, die allein in der Lage ist, dem Ganzen bis an die Grenzen des neuen deutschen Wirtschaftsraumes zu dienen.

Die sozialpolitische Auswirkung der Regelungstechnik

Sie beruht ebenfalls auf der Ausschaltung des Menschen aus dem Wirkungszusammenhang mit der Maschine. Der Mensch ist nicht mehr lebendes Äquivalent eines technischen Mittels zum Zweck. In der zweiten Stufe der technischen Entwicklung, der Stufe der Maschine, der Stufe des halbgelösten technischen Problems, war der Mensch oft nicht viel mehr als ein Maschinenelement; die Rangordnung von Leben und Maschine war widernatürlich verkehrt, mit all den bekannten tragischen Folgen. „Kein Despotentum des Orients reicht auch nur im Vergleich heran an die Versklavung des Menschen durch die Tyrannei des Dollars und der Maschine“ *(J. Burckhardt)*.

Durch die Regelungstechnik wird die natürliche Rangordnung von Leben und Maschine wieder hergestellt, die Tyrannei der Maschine beseitigt und unmöglich gemacht. Die Maschine hat die soziale Frage der europäischen Völker geschaffen[7]), die Regelungstechnik löst sie. Es gibt zwei Auswege aus der Tragik des halbgelösten technischen Problems: man kann beim Werkzeug und damit beim Handwerk stehenbleiben, das das Subjekt seelisch unversehrt läßt und das aus ungeschmälerter Lebensfülle heraus dem Handwerk die Kunst verschwistert, und man kann mit allem Aufwand an schöpferischem Geist und an Tatkraft hindurchschreiten zur vollständig selbsttätigen Lösung des technischen Problems, die das Subjekt aus dem Bereich der technischen Mittel entläßt und in Freiheit setzt. Beide Wege wird man gehen, nur nicht auf der Stufe der ungesteuerten Maschine stehen bleiben.

Im Hinblick auf die Wirtschaft und auf die Sozialpolitik ist es die verpflichtende Aufgabe des Technikers: Alles regeln, was regelbar ist, und das nicht Regelbare regelbar machen.

Die kulturpolitische Auswirkung der Regelungstechnik

Die Vollendung der technischen Welt durch die Regelungstechnik und die damit verbundene Ausschaltung des Menschen aus dem Bereiche der technischen Mittel, die wirtschaftlich und sozialpolitisch so verantwortungs- und bedeutungsvoll ist, ist es auch in kulturpolitischer Hinsicht.

Der Techniker ist es, der im höheren Auftrage, ohne den Nichttechniker zu fragen, das ganze Volk in eine neue technische Welt versetzt hat.

Mit der fortschreitenden, schöpferischen Wandlung der unberührten Natur ins Technische wuchs die Verantwortung des Technikers, den Geist derer, die er in seine Welt versetzt hat, an dieser Welt neu auszurichten.

Mit der beginnenden methodischen Vollendung der technischen Welt durch die Regelungstechnik ist diese Verantwortlichkeit des Technikers nicht nur endgültig bestätigt, sondern er ist auch zum erstenmal in die Lage versetzt, aus ihr heraus über seine Welt mit einem Erfolg nachzudenken, der ihm auf den Vorstufen des Werkzeuges und der Maschine versagt bleiben mußte. Dieses Nachdenken lehrt ihn, daß seine technische Welt keine Wand ist, die ihn von der Natur trennt, sondern eine Brücke, auf der sich Natur und Geist begegnen, eine Welt, in der sich durch die Arbeit unserer Hände Natur und Geist verbunden haben, eine Welt wie die der Sprache, die wir aus eigener Schöpferkraft zwischen uns und die Natur gesetzt haben und die uns deshalb viel näher steht als die unberührte Natur.

Überall da, wo Gebilde und Veränderungen der äußeren Welt als Ausdruck menschlichen Lebens aufgefaßt werden können, findet der Geisteswissenschaftler seinen Stoff und seine Aufgaben; wo also besser als in der technischen Welt, die ebensosehr Gegenstand der Naturwissenschaft wie Gegenstand der Geisteswissenschaft ist.

Angesichts der Vollendung der technischen Welt werden wir zu einer Wissenschaft geführt, in der die Kategorien der Naturwissenschaften, zu denen vor allem die Begriffe der Größe und der Kausalität gehören, sich mit denen der Geisteswissenschaften, unter ihnen vor allem die Begriffe der Gestalt und der Finalität unter einer höheren Einheit zusammenfinden. Damit aber schicken wir uns an, den wichtigsten Beitrag zur Einheit unserer Wissenschaften im ganzen unseres Kulturbewußtseins zu leisten, zu einer Einheit, die auch die Technische Hochschule und die Universität zu einer Gesamtanstalt deutschen gestaltenden und erkennenden Geistes verbinden wird. Denn diese Einheit der Wissenschaften, des Kulturbewußtseins und der Bildungsanstalten ist in der Tiefe ihres Bestandes gestört durch die Trennung von Geistes- und Naturwissenschaften, die auf die Dauer für die deutsche Wissenschaft nicht nur keine Notwendigkeit, sondern ein schweres Hindernis der Entwicklung ist, das weggeräumt werden muß.

Wir wissen, die Aufgaben, die wir nur andeuten konnten, sind reif und ihre Lösung ist zeitgemäß. Wir wissen aber auch, daß diese Aufgaben naturgemäß sind, denn wir stehen bei alledem in dem höheren Dienste der Natur. Sie hat uns die Regelung in Pflanze, Tier und Mensch vorgemacht, sie hat uns aber über Pflanze und Tier hinaus allein befähigt, sie ihr nachzuahmen. Der Weg, den wir gehen, ist der Weg der Natur durch uns hindurch, auf dem wir von ihr, wenn wir guten Willens sind, um so weiter mitgenommen werden. B 6475

[1]) Vorgetragen vor dem Wissenschaftlichen Beirat des VDI am 17. Oktober 1940 in Berlin.

[2]) Vgl. *W. Hort*, Z. Math. Phys. Bd. 50 (1904) S. 233/79.

[3]) Es ist jedoch nicht immer erlaubt, die Störung des Gleichgewichts einer Regelstrecke durch die Verstellung des Regelgliedes hervorgerufen zu denken; schon die hierdurch bedingte Änderung der Anfangsbedingungen für den Verlauf der Regelgröße kann dies verbieten.

[4]) *A. Budau*, Berechnung der hydraulischen Turbinenregulatoren Wien und Leipzig 1906.

[5]) Der erste Schrifttumbericht aus der Regelungstechnik ist inzwischen im November 1940 ausgegeben worden.

[6]) Vgl. z. B. *R. Feiss*, Z. VDI Bd. 84 (1940) S. 819/24; dort weiteres Schrifttum.

[7]) *R. Saliger*, Rdsch. dtsch. Techn. Bd. 20 (1940) Nr. 32 S. 1/2.

PHYSIKALISCHE BLÄTTER

9. JAHRGANG 1953/HEFT 7

Der Mensch in der technischen Welt

Von Professor Hermann Schmidt, Berlin

Wir stehen inmitten der technischen Welt. Ihr Ursprung liegt in uns, in der Vorgeschichte. Sie hat sich seit der Renaissance, seit dem Bunde von wissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Gestaltung so ausgedehnt, daß sie heute unser ganzes Arbeitsdasein durchdringt und den Charakter des Zeitalters bestimmt. Niemand kann sich ihr entziehen. Der Eintritt des Menschen in das technische Zeitalter wird zu dem kritischen Punkt, an dem sich das Schicksal der abendländischen Kultur entscheidet. Die Geschichte des Menschen selbst, die Geschichte seiner Seele tritt in eine neue Epoche ein (Freyer). Es geht darum, in einem geschichtsbildenden Akt unser veraltetes, weder für den Einzelnen noch für die Gemeinschaft weiterhin taugliches Selbstbewußtsein in ein neues, das alte übergreifende, der technischen Welt angemessenes Selbstbewußtsein zu wandeln. Es geht um einen Akt universeller menschlicher Selbstbesinnung, den jeder Einzelne inmitten der technischen Welt zu vollziehen hat.

Die erste Selbstbesinnung

Die Grundlage unserer heutigen geistigen Verfassung stammt aus der Zeit zwischen dem 8. und dem 2. Jahrhundert v. Chr., in der fast gleichzeitig, wenn auch in örtlich getrennten Bezirken die erste universelle Selbstbesinnung des Menschen stattgefunden hat. Es war die Zeit des Konfuzius und Laotse in China, des Buddha, der Upanischaden in Indien, des Zarathustra in Persien, der jüdischen Propheten in Palästina, des Homer, Parmenides, Heraklit, Sokrates, Plato, der Tragiker, des Archimedes in Griechenland (Lasaulx z. Zt. Schellings, Jaspers). Das rationale Gemeinsame dieser ersten Selbstbesinnung war: Das Denken wurde Gegenstand des Denkens. Der Begriff wurde gedacht. Descartes' cogito ergo sum, in dem er „in sicherer Muße und einsamer Zurückgezogenheit" als durch den Zweifel allzu rasch

isoliertes Individuum und Insulaner des Geistes seinen archimedischen Punkt fand, ist der Ausdruck dieser geistigen Verfassung, in der das Sein des Menschen auf die Rückkehr des Begriffes zu sich selbst begründet ist.

Diese erste universelle Selbstbesinnung ist in der Zeit der bloßen *Weltbetrachtung* entstanden, in der uns Anschauung und Denken mit der Welt rational verbanden. Wir sind aber für alle sichtbar von der Weltbetrachtung zur *Weltveränderung* übergegangen. Die Welt wird doppelt ergriffen, durch Denken und durch Handeln verwandelt. Unter diesem doppelten Zugriff des Menschen hat sich aus der Natur die Welt der Technik gebildet. In dieser neuen Situation ist unsere, aus der ersten universellen Selbstbesinnung stammende geistige Verfassung unzulänglich, sie ist veraltet; wir leiden an einer oft bemerkten *Hysterese unseres geistig-sittlichen Selbstbewußtseins*, die es mit sich bringt, daß wir uns in der technischen Welt selbst nicht mehr verstehen. Wir sind uns in ihr völlig problematisch geworden; wissen nicht mehr, was wir sind, wissen aber auch, daß wir dies nicht wissen (*Scheler*).

Die zweite Selbstbesinnung

Die in der Gegenwart tief empfundene Unzulänglichkeit unserer geistigen Verfassung und ihre Folgen für Leib und Seele treiben uns zu einer zweiten Selbstbesinnung. Das einzige die Menschheit ergreifende universelle Ereignis seit jenen Jahrhunderten der ersten universellen Selbstbesinnung ist die erdumspannende Technik. Mit ihr haben sich die Natur als unser Objekt in ihrer Gestalt und unsere Beziehungen zu ihr vom bloßen Anschauen und Denken ins Denken und Handeln geändert. Die zu diesen beiden Änderungen gehörende *Wandlung des Menschen* als des zugehörigen Subjektes ist die Aufgabe der zweiten Selbstbesinnung. Diese zweite Selbstbesinnung wird sich nicht mehr auf das Denken des Denkens allein stützen können, sondern das Denken des Denkens und Handelns als des *Ganzen*, dem das *bloße Denken als Teil* angehört, zur Grundlage haben müssen. Die entscheidende Frage ist, ob der technische Tatbestand zu dieser neuen Selbsterkenntnis beitragen kann oder nicht. Besitzt die Technik selbst eine *Potenz für den Wandel des geistig-sittlichen Selbstbewußtseins* des einzelnen Menschen? Ist es ein einziger leiblich-geistiger Akt, in dem der Mensch zur Sicherung seines Daseins die Natur technisch umgestaltet und seine geistige Verfassung wandelt? Oder ist die Technik nur eine niedere Äußerung unseres kollektiven Menschseins, die ohne geistig-sittliche Potenz nach Grundsätzen, zu denen sie nichts beiträgt, vor Entartung bewahrt und gelenkt werden müßte?

Ob die Technik eine Potenz für die Selbsterkenntnis des Menschen hat, hängt davon ab, ob die technische Welt von uns *total gewollt* ist oder ob sie einen *ungewollten Überschuß* über das von uns Gewollte enthält; ob sie selbst ein Gesetz und ein Ziel hat.

Ist die Technik *total gewollt*, so kann sie zur Selbsterkenntnis nur insoweit beitragen, als sie uns dazu auffordert, unsere äußeren Zwecke, denen sie dient, zu prüfen und dort, wo sie uns bedroht, wo sie Energien aller Art auf Kosten menschlicher Wohlfahrt verbraucht, diese Zwecke zu revidieren. Technik wird dann Anlaß zu dieser Revision der Werte und

Zwecke sein, aber nicht mehr. Unsere Freiheit wäre durch die Technik nicht beschränkt. Die Selbstbesinnung wäre abseits aller Technik Einkehr des Menschen zu einem neuen Ethos. Die Technik wäre eine äußerliche Erscheinung; in ihr demonstrierte der Mensch bloß seine Fähigkeit.

Ist die Technik aber nicht total gewollt, hat die Technik selbst ein Ziel, dann ist sie nicht mehr Mittel zu beliebigen Zwecken, die aus einem abseits der Technik gewonnenen Ethos zu rechtfertigen wären. Dann stehen wir vor der schweren Aufgabe, uns mit der Notwendigkeit dieses Geschehens auseinanderzusetzen und unsere Freiheit in der technischen Welt zu retten, wenn wir uns nicht als Fatalisten in das mitreißende Geschehen der Technik ergeben und als Treibholz in ihrem Strom ins Ungewisse dahintreiben wollen. Dringt man hier tiefer, so entscheidet sich mit der Alternative der total gewollten oder der ein Geschehen enthaltenen Technik die Grundfrage der Ethik, ob es einen Empirismus der praktischen Vernunft gibt oder nicht, ob sich theoretische und praktische Vernunft durch die Erfahrung zu einer Einheit verbinden, oder ob sie zwei getrennte Bereiche in dem einen Menschen sind.

Manche Stimmen haben sich dafür ausgesprochen, daß die Technik ein Geschehen in sich berge; mehr Stimmen haben sich dagegen gewandt; einzelne schwanken hin und her, wohl niemand kümmert sich mehr als summarisch um dieses Geschehen. Es ist dies einer der Hauptmängel in den vielen Erörterungen über die Technik, daß in ihnen der technische Tatbestand zu kurz kommt.

Hier nur drei Stimmen, die sich für das Geschehen in der Technik aussprechen. Walther Rathenau: „Mechanisierung ist nicht aus freier, bewußter Vereinbarung, aus dem ethisch geläuterten Willen der Menschheit entstanden, sondern unabsichtlich, ja unbemerkt erwachsen. Trotz ihres rationalen und kasuistischen Aufbaues ist sie ein unwillkürlicher Prozeß, ein dumpfer Naturvorgang." Friedrich Dessauer: „Es ist nicht wahrscheinlich, daß eine weltverwandelnde Macht, wie die Technik, ein Mittel mit erborgten Zielen ist." Karl Jaspers spricht von dem Ungewollten, dem gleichsam hintenherum Geschehenden in der Technik, das uns nicht offenbar ist, das aber offenbar gemacht werden muß. — In Übereinstimmung mit diesen Stimmen meinen wir: es gibt in der Technik ein Geschehen, es ist aus unserem schöpferischen Technisieren mehr herausgekommen als wir gewollt haben. Aber dieses Mehr, dieser Überschuß lag innerlich in dem Technisieren von seinem ersten Ursprung an darin, und dieser von unserer Natur gelieferte Überschuß bewirkt, solange wir ihn nicht verstehen, die Hysterese unseres Selbstbewußtseins; er wird sich aber in seinem empirischen Tatbestand als der Leitfaden für die zweite universelle Selbstbesinnung des Menschen erweisen, in der sich das veraltete Selbstbewußtsein erweitert und vertieft.

Der Entwicklungsprozeß der Technik*)

Ein wesentliches Merkmal der menschlichen Technik ist es, daß sie sich mit der Zeit ändert. Diese Änderung ist mehr als bloßes Anderswerden, sie ist Fortschritt in der Anzahl der Erfindungen, in der Menge der Pro-

*) Vgl. Z. VER. Dt. ING [VDI] 85, 87 (1941).

duktion von Energie und Gütern, in der Zahl der in der industriellen Technik arbeitenden Menschen. Dieser Fortschritt in der Herstellung immer neuer technischer Gebilde scheint vielen ins Unendliche zu gehen.

Aber Technik ist keine bloße Aneinanderreihung von Erfindungen, wie sie die Phantasie uns eingibt; sie ist auch mehr als Fortschritt, denn sie enthält eine *Entwicklung*, die wie beim Eichbaum in der Eichel einen Anfang und in der ausgewachsenen Eiche ihr Ende hat, und die wie dort aus einem inneren Potentiellen ein äußeres Aktuelles entstehen läßt. Diese Entwicklung der Technik ist die *Entwicklung der Arbeit*, die nötig ist, um die Ergebnisse der schöpferischen technischen Phantasie zu verwirklichen. Arbeit macht Technik wirklich. Aber auch diese Arbeit selbst, ursprünglich reine werkzeugfreie Handarbeit, wird in den Produktionsmitteln technisch objektiv gemacht, und dies geschieht in einer in geschichtlicher Vorzeit beginnenden und in unserem Zeitalter zu Ende kommenden Entwicklung. Diese Entwicklung vollzieht sich in den *drei Stufen des Werzeugs, der Arbeits- und Kraftmaschine und des Automaten*. Mit jeder Stufe schreitet die Objektivation der Zweckerfüllung mit technischen Mitteln fort bis der gesetzte Zweck schließlich durch den Automaten allein ohne unser körperliches und geistiges Zutun erreicht wird.

Auf der Stufe des Automaten erreicht die Technik in unserem Zeitalter das Stadium ihrer *methodischen Vollendung*; in ihr ist das Innere, die Denken und Tun umfassende Handarbeit des Menschen zu einem äußeren, dem Automaten, geworden. Die Entwicklung ist abgeschlossen; es kann keinen technischen Schritt über die automatische Zweckerfüllung hinaus geben; das heißt aber nicht, daß die Technik zuende sei, und es heißt auch nicht, daß wir in theoretischer Hinsicht bei der Feststellung des Tatbestandes der technischen Objektivation der Arbeit stehen zu bleiben hätten. Im Gegenteil: *nach der geistigen Potenz dieses technischen Tatbestandes geht die Frage*. Die in der methodischen Vollendung der Technik erreichte Cäsur in dem Gang des Menschen durch die Zeit ist nicht nur ein Ende der bisherigen Universalgeschichte des Menschen, sondern der Anfang einer Epoche, in die der Mensch mit gewandeltem, neuem universellen Selbstbewußtsein eintreten wird.

Wir heben also aus dem Gesamtbild der Technik mit seiner unübersehbaren Fülle technischer Gebilde als universellen Bestandteil die zur Herstellung dieser Gebilde dienenden Produktionsmittel heraus, welche die technisch-objektivierte Handarbeit darstellen. Sie sind das *konkrete Allgemeine* der Technik und können umso mehr so heißen, als sie nicht nur Mittel zur selbständigen Lösung einer beliebigen technischen sondern allgemein Mittel zur selbsttätigen Lösung einer beliebigen technischen oder geistigen Aufgabe, z. B. der Aufgabe, ein Schiff selbsttätig zwischen zwei gegebenen Raumpunkten hin und her zu bewegen oder auch der Aufgabe, die Differentialgleichung einer solchen Bewegung maschinell automatisch zu integrieren.

Diese in dem dreistufigen Entwicklungsprozeß vor sich gehende technische Objektivation der Arbeit ist der nichtgewollte *universelle Überschuß der Technik*, ihr allgemeines Ziel.

Der Mensch will sich vom Zwange der Natur entlasten (Pico, Herder, Kant, Gehlen); er sorgt für Ernährung, Kleidung, Wohnung und die Abwehr seiner Feinde mit technischen Mitteln. Diese Entlastung ist aber als Arbeit universelle Belastung und als solche universeller Zwang der Natur, der zum Motiv der universellen Entlastung von der Arbeit wird, die wir heute auf der Stufe der methodischen Vollendung erreicht haben. Wenn wir die Entwicklung des Automaten als den Überschuß der Natur über das von uns bewußt in der Technik Gewollte betrachten, so fassen wir in ihr das Ungewollte der gesamten Vergangenheit zu einer Einheit zusammen, die als ein Objektives sich in der Geschichte auswirkt.

Wie sich in der geistigen Welt der Erfahrung der Natur die unübersehbare Fülle der Erfahrungsgegenstände findet, so findet sich in der technischen Welt eine unübersehbare Fülle technischer Gebilde. Wie sich aber in der geistigen Welt neben den Erfahrungsgegenständen die Kategorien als ihre begrifflichen Konstruktionsmittel objektivieren — als der universelle Überschuß über unsere Erfahrung, in der sich Anschauung und Denken durch die Einbildungskraft verbinden, — so objektivieren sich in der technischen Welt als der universelle Überschuß über unsere Natur und Mensch verbindende technische Gestaltung die Mittel für die Herstellung der technischen Gebilde; sie sind nicht eine Objektivation des isolierten Denkens, sondern eine Objektivation der Arbeit, d. h. des Denkens und Handelns. Beide sind nicht voneinander so zu trennen, daß man etwa das Denken technisch objektivieren könnte, das Handeln dagegen dem Subjekt überließe oder umgekehrt. Denken und Handeln sind nur als Ganzes technisch objektivierbar; ein auch für ihre begriffliche Objektivation maßgebender Sachverhalt.

Wie die erste universelle Selbstbesinnung des Menschen in der technisch unberührten Natur auf der Objektivation des Begriffes, des bloßen Denkens, beruht, so wird sich die zweite universelle Selbstbesinnung des Menschen in der technischen Welt auf die Objektivation des Denkens und Handelns gründen, die uns als Arbeit mit der neuen künstlichen Welt der Technik verbinden.

Technik und Freiheit

Das Geschehen in der Technik wird von dem technisierenden Kollektiv der Menschen getragen. Hätte J. Watt nicht an der Entwicklung der Dampfmaschine gearbeitet, so hätte er einen Stellvertreter gefunden. Ebenso in der Erkenntnis: Auch ohne Robert Mayer hätten wir heute den Energiesatz. Die dreistufige Objektivation der Arbeit würde sich unter den gleichen Bedingungen, unter denen der technisierende Mensch bisher lebte, als ein statistisches Geschehen notwendig wiederholen, wenn man den Menschen von neuem diesen Bedingungen aussetzte. Das technisierende Kollektiv wächst mehr und mehr und wird durch die Entwicklung der technischen Kommunikationsmittel für den Verkehr von Personen, Gütern und Nachrichten zu einer einzigen Schicksalsgemeinschaft.

Schicksal, Beschränkung seiner Freiheit, bedeutet das Geschehen der Technik für jedes einzelne Mitglied des technisierenden Kollektivs. Der Einzelne wird von diesem Geschehen mitgerissen, ohne daß er die Beschränkung seiner Freiheit merkt; er stimmt dem Fortschritt oft zu

und indem er ihn vorantreibt, ordnet er sich der Notwendigkeit des statistischen Geschehens, das er nicht sieht und nicht versteht, ohne es zu wissen, unter.

Erkennt man den Prozeß der Objektivation der Arbeit als ein notwendiges, von der Gattung getragenes Geschehen an, so sind wir vor die Aufgabe gestellt, die Freiheit des Geistes zu retten. Niemand kann den Triumpf seines Geistes auf die Nichtachtung eines Naturgesetzes gründen, das aus ihm spricht, ohne mit diesem vermeintlichen Siege seiner Freiheit durch den Mangel an Selbsterkenntnis sein Dasein zu gefährden. Niemand kann seine Freiheit dem erkannten Gesetze der Natur fatalistisch opfern. Unerläßlich ist die *Anerkennung des Tatbestandes des technischen Geschehens*, das sich mit Hilfe des Geistes aus dem ihn übergreifenden Ganzen des leiblich-geistigen Menschen heraus durch die Gattung vollzieht. Es ist die Frage, deren Antwort über den Menschen entscheidet, *was bei solcher Anerkennung der Naturnotwendigkeit aus seiner Freiheit wird*.

Die Anerkennung der Notwendigkeit bedeutet: wir müssen die *Objektivation der Arbeit*, die sich uns als Ergebnis des uns nicht-bewußten statistischen Prozesses ergeben hat, als die Stellvertreter der Gattung *zum bewußten Ziel setzen*, das statistische Gesetz dieses unbewußten Geschehens bewußt zu einem dynamischen machen. Wir wiederholen damit in der Gegenwart das technische Geschehen unserer gesamten Vergangenheit und setzen das Werk der Gattung fort; wir gehen den Weg, den uns unsere Natur vorgeschrieben hat, belastet durch die Sorge um unsere Freiheit und mit der Aufgabe, uns von dieser Sorge freizumachen. Der Fortschritt im Bewußtsein unserer Freiheit wird der Wandel unseres Selbstbewußtseins in der technischen Welt sein.

Wir haben also die technische Objektivation der Arbeit in ihrem *Tatbestand* kennenzulernen und nach der Bestimmung unseres Willens zu fragen, die uns zum Urheber dieses von der Natur geschaffenen Tatbestandes macht. Allein die Erkenntnis dieses Tatbestandes kann uns bestimmen, allein sie kann unserem Geist die Freiheit geben, und nur wenn die Erkenntnis des technischen Tatbestandes dieses leistet, ist unsere Zielsetzung sittlich gerechtfertigt, denn nur dann ist *nicht die Technik sondern der Mensch* das Endziel.

Der Tatbestand der objektivierten Arbeit, den wir uns als Ziel setzen, muß als solcher unverändert bleiben. Nur das Motiv, aus dem er hervorgeht, ändert sich und damit unsere Selbsterkenntnis; anstelle der unbewußten, triebhaften Motivation tritt die bewußte Motivation durch eine Ziel- oder Zweckvorstellung. Dabei ist der Tatbestand selbst und nur er der Inhalt dieser Zweckvorstellung. Wir haben also alle subjektiven Motive, etwa ökonomisches oder politisches Machtstreben, das Streben nach Behaglichkeit oder das Bedürfnis religiöser Selbsterlösung oder den Raubtiercharakter des Menschen abzuweisen. Solche Motive sind ihrer Subjektivität wegen für niemanden verbindlich. Für alle Menschen verbindlich dagegen ist der Tatbestand der in dem universalhistorischen Geschehen der Technik objektivierten Arbeit. Indem wir unseren Willen durch ihn bestimmen lassen, schalten wir aus unserer Selbstbesinnung alles Subjektive ebenso aus wie aus der Fremderkenntnis der Natur. Wenn dies gelingt, stehen wir in unserer Selbsterkenntnis und der mit ihr verbundenen Selbstgestaltung

in einem durch keine subjektive Zutat unterbrochenen Zusammenhang mit der Fremderkenntnis und Fremdgestaltung der Natur, aus der jener Tatbestand unbewußt hervorgegangen ist; seiner Erkenntnis wenden wir uns jetzt zu, um von ihr als einer Fremderkenntnis zur Bestimmung unseres Willens als der objektiven Selbsterkenntnis überzugehen.

Der Handlungskreis

Die Form unserer Arbeit ist die Form des Handlungskreises, in welchem Denken und Tun von Natur aus miteinander zu einem Ganzen verbunden sind. Die Form der Arbeit ist die Form, in der wir einen beliebigen Zweck erfüllen. Wir vergleichen in jedem Augenblick der Arbeit — man denke etwa an einen ohne Werkzeug arbeitenden Töpfer — den Zweck (Sollzustand) mit dem jeweils Erreichten (Istzustand) und lassen uns in jedem Augenblick unseres Handelns durch die Differenz dieser beiden Zustände bestimmen. Der Handlungskreis hat einen von dem Istzustand des zu bearbeitenden Körpers zu uns hinführenden, afferenten, leistungsarmen, sensorischen Zweig und einen von uns zu dem Körper, dem Tonklumpen, hinführenden, efferenten, leistungsreicheren, motorischen Zweig. Außerdem besitzt er die wichtige Einrichtung zum Vergleich von Ist- und Sollzustand und zur Verstärkung der Leistung als Bindeglied der beiden Zweige.

Ein solcher reiner, von Werkzeugen freier Handlungskreis besteht aus sehr verschiedenen Elementen. Er läuft an der inneren Verbindungsstelle seiner beiden Zweige durch unser Bewußtsein (Großhirn), in dem der jeweils erreichte Istzustand gegenwärtig und mit dem Sollzustand verglichen wird; hier, an der Verbindungsstelle der beiden Zweige wird wahrgenommen, gefühlt, geurteilt, Entschlüsse werden gefaßt und die Ziele des Augenblicks für die Weiterarbeit gesetzt. Zum anderen ist er auf seinen beiden Zweigen mit unbewußten Elementen wie Sinnesorganen, Augen, Händen, sensorischen und motorischen Nervenbahnen, Muskeln, Blutgefäßen besetzt; an seiner geordneten Wirkung ist der ganze Organismus beteiligt. In der Außenwelt ist der Handlungskreis über den sensorischen und motorisch erfaßten Gegenstand, den Tonklumpen, geschlossen. Die Wirkung des Handlungskreises ist dann beendet, wenn sich der Istzustand mit dem Sollzustand deckt. Der Zweck ist dann erfüllt; die sinnliche Wahrnehmung unseres Produktes, dessen Ursache wir sind, deckt sich mit der Vorstellung unseres Zweckes.

Der Handlungskreis erfüllt zwar erfahrungsgemäß in der Wechselwirkung von Denken und Tun seinen Zweck. Wir wissen aber keineswegs, wie das geschieht. Er verbindet innen mit außen und außen mit innen und ist so ein psycho-physisches, höchst problematisches Gebilde; seine Kreisstruktur ist jedoch als der Wirkungszusammenhang der Folge seiner Elemente trotz deren qualitativer Verschiedenheit und unserer Unwissenheit über ihre Beschaffenheit als seine äußere Form sicher erkennbar.

Jede unserer sinnvollen Äußerungen ist an einen solchen, in sich geschlossenen Handlungskreis gebunden, in dem der motorische Vollzug über den sensorischen Zweig des Kreises rückgekoppelt ist. Man denke außer an den technisierenden Handlungskreis in weitestem Sinne an den Sprech-Hör-Kreis, allgemein an das Zeichensetzen als eine Bedingung jeden rationalen Denkens und an jede symbolisierende Tätigkeit. Der Handlungskreis ist die universelle Form der sinnvollen Äußerung unseres Individuums.

Der technische Regelkreis

Dieser Handlungskreis ist es, der sich als der Überschuß unseres schöpferischen technischen Tuns in der Technik objektiviert, d. h. er wird aus einem Innen und Außen verbindenden psycho-physischen Wirkungszusammenhang zu einem außen befindlichen objektiven technischen Gebilde, dessen Elemente ohne Ausnahme technische Elemente sind. Alles Subjektive und Organische entfällt bei dieser Objektivation, und gerade dieses Übergehen des lebendigen Handlungskreises in eine leblose kreiskausale Notwendigkeit ist ihr wesentliches Merkmal. Der technisch-objektivierte Handlungskreis — in der Technik R e g e l k r e i s genannt — ist der physische Schattenriß des lebendigen Handlungskreises. Der Gedanke, wir seien bei seiner technischen Objektivation auf dem Wege zur technischen Herstellung eines lebendigen Menschen, ist mit Nachdruck abzuweisen. Durch die Objektivation des Handlungskreises entsteht gerade das dem Leben gegenüber Andere, das Unlebendige, das jedoch mit dem Lebendigen f o r m g l e i c h ist. Denn die Kreisstruktur der Elementenanordnung des Handlungskreises bleibt bei seiner Objektivation erhalten; sie ist gegen die technische Objektivation des lebendigen Handlungskreises i n v a r i a n t. An die Stelle seines psychophysischen Wirkungszusammenhanges tritt die Kreiskausalität. Kreiskausalität heißt, daß eine physische Ursache nicht nur eine Wirkung hat, sondern daß diese Wirkung auf die Ursache zurückwirkt.

D e r R e g e l k r e i s i s t d a s u n i v e r s e l l e G e b i l d e d e r m e t h o d i s c h v o l l e n d e t e n T e c h n i k. Seine technischen Elemente sind sehr verschiedener Art, z. B. elektrisch oder mechanisch wirkend, was aber ohne Einfluß auf die Gesamtwirkung des Kreises ist. Es kommt für uns hier auf die besondere Art seiner technischen Elemente nicht an, sondern nur darauf, daß sie alle technische Elemente sind, und auf ihre Anordnung in der Form des geschlossenen Kreises. Wesentlich ist, daß der Regelkreis und der Handlungskreis formgleiche Gebilde sind, daß sie gleiche Relationsstruktur haben, daß der eine auf den anderen abbildbar ist, d. h. daß die Elemente des einen sich den Elementen des anderen so zuordnen lassen, daß zwischen korrespondierenden Elementenpaaren der beiden Kreise auch in Bezug auf die Gesamtwirkung des Kreises korrespondierende Wirkungen bestehen. Wir können anders sagen, die Art der Reflexion des Denkens über den Zusammenhang der Elemente der beiden Gebilde ist dieselbe.

Der somatische Kreis

Der Umfang der durch die Form des Kreiszusammenhangs vermittelten Synthese ist mit dem Handlungskreis und dem technischen Regelkreis jedoch nicht erschöpft. Wir finden den Regelkreis nämlich auch als u n i v e r s e l l e s G e b i l d e d e s O r g a n i s m u s selbst wieder, sofern wir ihn schlafend, also ohne Bewußtsein, denken. Isothermie, Isojonie und Isotonie des gesunden Organismus sind ebenso wie seine äußere und innere Gestalt Ergebnisse von Regelungsvorgängen, die sich in somatisch-organischen, mit den inneren Organen des Organismus besetzten Regelkreisen abspielen.

Die Fremderkenntnis des Lebens

Durch die technische Objektivation des Handlungskreises ist das organische Leben seiner universellen Form nach sich selbst gegenübergetreten; durch sie ist zwischen Technik und Organismus ein Subjekt-Objekt-Verhältnis geschaffen, das für die rationale Erkenntnis des Lebens eine unentbehrliche Voraussetzung ist. Diese Erkenntnis stellt sich in einer mathematischen Gleichung dar, die den kreiskausalen Wirkungszusammenhang des Regelkreises in Raum und Zeit mit Hilfe der Zahl beschreibt und grundsätzlich auch für den Handlungskreis und den somatischen Kreis gilt, da sie mit dem Regelkreis formgleiche Gebilde sind. Diese Erkenntnis des Regelkreises ist Fremderkenntnis ebenso wie die Erkenntnis eines beliebigen, makroskopischen, physikalischen Objekts. Der Gegenstand der Fremderkenntnis wird dadurch, daß er erkannt wird, nicht verändert.

Wenn wir nun als die Vertreter der Gattung uns die Verwirklichung des technischen Regelkreises zum Ziel setzen, wenden wir wohl seine Gleichung an. Wir werden aber durch sie nicht als die Ursache unseres Produktes bestimmt; denn, soweit die Gleichung einen Zusammenhang in Raum und Zeit quantitativ beschreibt, ist sie ganz auf das Wissen vom Gegenstand beschränkt und trägt insoweit nichts zur Einsicht in die Bestimmung unseres der Anschauung auf immer entzogenen Willens bei.

Unsere Bestimmung als Urheber des Regelkreises bleibt also irrational; wir folgen in unserer Zwecksetzung ohne Einsicht in unsere Willensbestimmung einer uns aus dem triebhaften, von der Gattung getragenen Geschehen der Technik erwachsenen Zweckvorstellung, also dem von außen stoßenden Trieb, nicht der Vernunft. Die quantifizierende Fremderkenntnis des im Regelkreis objektivierten Lebens befreit uns nicht.

Was muß Erkenntnis zu unserer geistigen Befreiung leisten, für die es kein anderes Mittel als die Erkenntnis gibt? Sie muß zur Bestimmung unseres Willens führen, durch die wir vom Trieb befreit werden, und in dieser Befreiung müssen wir zugleich zum Zweck unserer Zwecksetzung werden. Denn in der Freiheit geht es nicht nur darum, daß die Handlung in uns als ihrem Urheber ihren absoluten Anfang, sondern daß sie auch in uns ihren Zweck, ihr Ziel, ihr absolutes Ende habe. — Anfang und Ende der Handlung müssen in uns durch Erkenntnis zur Deckung gebracht werden.

Es ist das untrügliche Zeichen unserer Unfreiheit, daß sich Anfang und Ende unseres Technisierens nicht decken. Der Anfang ist die triebgebundene Zweckvorstellung des Regelkreises, ihre Verwirklichung führt zum Regelkreis, der nun zum Gegenstand der Fremderkenntnis wird, in der unsere Handlung ihr vorläufiges und zu frühes Ende gefunden hat. Von dem praktischen Bereich unseres Bewußtseins geht der Weg über den Regelkreis und endet in dessen Erkenntnis, die als Fremderkenntnis ganz dem quantifizierenden theoretischen Bewußtsein angehört. Das praktische und das theoretische Bewußtsein sind getrennt. Der Mangel an Freiheit ist der Mangel der Einheit des Bewußtseins und er besteht solange, wie der Weg über den Regelkreis als das objektivierte Leben offen ist. So wie der gewöhnliche Handlungskreis, wenn unser einzelnes Tun sinnvoll sein soll, durch die Anstrengung des Geistes geschlossen sein muß, so muß auch dieser Weg über die technische Objektivation des Handlungskreises durch die Anstrengung der Begriffe zum Kreis

geschlossen werden, wenn unser technisches Tun im allgemeinen einen Sinn erhalten soll. Wir nennen diesen Kreis, dessen Schluß unsere Aufgabe ist, den Reflexionskreis des Lebens; er ist dem Handlungskreis übergeordnet, insofern er dessen technische Objektivation, den Regelkreis, als Element enthält. Durch den Schluß des Reflexionskreises muß im praktischen Bereich aus dem Trieb der Wille zur Objektivation des Regelkreises werden; in dem an der Schlußstelle mit ihm zur Deckung zu bringenden theoretischen Bereich muß diese Wandlung des Triebes zum Willen sich als Akt der Erkenntnis erweisen, in den sich die quantifizierende Fremderkenntnis des Regelkreises fortsetzt.

Der Gegenstand dieser die Fremderkenntnis fortsetzenden Erkenntnis ist das triebhafte Leben; es ist dem Erkennen unendlich nah und wird in der Erkenntnis vom triebhaften zum vernünftigen Leben gewandelt. Diese Erkenntnis des Lebens ist seine Selbsterkenntnis, in sie muß sich seine quantifizierende Fremderkenntnis fortsetzen; erst in der Selbsterkenntnis des Lebens endet die technische Handlung, erst in ihrem Ende erreicht die Handlung ihren Endzweck. Diese Selbsterkenntnis des Lebens kann als Fortsetzung seiner Fremderkenntnis rationale metaphysische Erkenntnis heißen. Sie schließt den Reflexions-Kreis, stellt die Einheit des Bewußtseins her und gibt uns unsere Freiheit.

Die metaphysische Selbsterkenntnis des Lebens

Wie setzt sich die Fremderkenntnis des Lebens in seine Selbsterkenntnis fort? Wir haben von dem vorläufigen Ergebnis der Erkenntnis des Regelkreises auszugehen. In seiner quantifizierenden Fremderkenntnis muß noch etwas stecken, was wir bisher nicht beachtet haben, was uns den Fortgang zur Selbsterkenntnis des Lebens und den Übergang vom theoretischen zum praktischen Bewußtsein möglich macht.

Dies ist die Form seines mathematisch-physikalischen Gesetzes, die reine Form des Kreiszusammenhangs, welche die bloße Vernunft jenseits von Raum, Zeit und Zahl für sich denken kann, in der sich Vernunft selbst denkt. Wir sagen uns also von der mathematischen Form des Gesetzes und jedem physikalischen Inhalt los und beschränken uns auf die Form des Gesetzes, die Form des Kreiszusammenhangs überhaupt; ihr kommt als einem Denken der bloßen Vernunft Allgemeinheit und Notwendigkeit zu.

Diese in der Fremderkenntnis nicht genutzte Form des Gesetzes ist es, durch die sich die Fremderkenntnis des Lebens in seine Selbsterkenntnis fortsetzt.

Die Fremderkenntnis des technisch objektivierten Lebens hat uns zur äußeren Form des Lebens geführt, die in dem sinnlich-anschaulichen, räumlich-zeitlichen Wirkungszusammenhang besteht, den die Gleichung des Regelkreises beschreibt und die noch allein zur Fremderkenntnis, zum theoretischen Bewußtsein gehört.

Die Form des Kreiszusammenhangs überhaupt dagegen gehört als Denken des bloßen Denkens zu beiden Bereichen des Bewußtseins, auch zum praktischen; sie verbindet sich im Theoretischen mit der sinnlichen Anschauung; in dem der Anschauung entzogenen Praktischen dagegen mit dem organischen Leben selbst.

So schließt sich in Erfüllung der Forderung der Freiheit durch das Denken der reinen Form des Gesetzes des Regelkreises, d. h. der reinen Form des Lebens, der Reflexionskreis des Lebens. Wir brauchen zu diesem Schluß also nur die Form, welche bloße Vernunft für sich denken kann und in der Vernunft nur sich selbst denkt, die aber in der äußeren Form des Regelkreises sowohl sinnlich angeschaut als auch nach der Regel ihres mathematisch-physikalischen Gesetzes technisch-praktisch verwirklicht werden kann.

In diesem Schluß des Reflexionskreises setzt sich die Fremderkenntnis der äußeren Form des Lebens in seine Selbsterkenntnis fort, die im Denken der reinen Vernunftform als der inneren Form des dem Denken unendlich nahen Lebens besteht. Während die Fremderkenntnis des Lebens das Sein nicht erreicht, tut dies seine Selbsterkenntnis. In der Selbsterkenntnis des Lebens wandelt es sich; sie prägt seine Substanz in personales Sein um; aus dem Trieb zur Objektivation des Lebens wird der vernünftige Wille dazu. Diese Bestimmung unseres Willens, die uns in praktischer Hinsicht zum Urheber der Objektivation des Lebens macht, ist also in theoretischer Hinsicht Selbsterkenntnis des Lebens. Leben ist Erkenntnisproblem; wir haben dieses Problem nicht allein, wir sind es auch. Seine Lösung ist nicht in der Theorie allein möglich, sondern nur in der Gestaltung der Geschichte des Menschen durch ihn selbst, deren Grundzug die Gestaltung seiner technischen Welt ist. Erkenntnis endet nicht in objektivierender Fremderkenntnis sondern in subjektivierender Selbsterkenntnis.

Die Reflexion des Lebens

Die Gattung objektiviert den Regelkreis triebhaft ohne Bewußtsein. Wir erkennen ihn, setzen diese Fremderkenntnis, die uns die äußere, räumlich-zeitliche Form des Lebens liefert, in der Erkenntnis der inneren Form des Lebens fort. Hierdurch wandelt sich das triebhafte in das vernünftige, erkannte Leben, das zum bewußten Urheber des Regelkreises dieser Objektivation des Lebens wird. Wir sagen, daß sich in diesem Vorgang das Leben reflektiert, in dem es zunächst sich seiner äußeren Form nach unbewußt objektiviert und sodann durch das reine Denken dieser Form sie als die innere Form des Lebens erkennt, wodurch das Leben eine höhere rationale Bestimmung erfährt.

Diese die äußere in die innere Form des Lebens umwendende Reflexion des Lebens entspricht der durchgehenden Grunderfahrung, daß das Innere mit hinreichender Bestimmtheit erst durch seine Darstellung nach außen eine höhere Bestimmtheit erfährt. Das Äußere, für uns also die Technik, ist mit ihrer rückwirkenden Kraft eine wesentliche Phase des Lebensprozesses (Eucken). Wir demonstrieren im Äußeren nicht mehr oder weniger was wir sind, sondern wir erfahren eine höhere Bestimmung, indem wir das Geäußerte auf Begriffe bringen (Hegel). Nicht die technischen Gebilde, nicht Äußeres überhaupt, ist das Endziel, sondern es geht in der Technik um die Erkenntnis des Lebens, um seine Reflexion. Hegel spricht vielfach von dem Reflektiertsein des Organismus in sich. Man denke weiterhin an das Formproblem der Phaenomenologen (E. Cassirer), an die Bestimmung des Denkens durch das Zeichen, die Sprache im besonderen. Technik ist Faktum und Symbol zugleich. Das Denken selbst erhält seine Bestimmtheit in der Objektivation seines begrifflichen Gehaltes, bei der es in so wunder-

barer Weise bei sich selbst bleibt. Als Teil des Lebens hat es diese Grundeigenschaft der Reflexion mit ihm gemeinsam. Die Objektivation des Lebens als technisches Gebilde ist zwar vom organischen Leben getrennt; in ihr macht sich das Leben zu dem für seine rationale Erkenntnis unentbehrlichen Objekt und damit zur Aufgabe des Denkens, diese Objektivation durch das Denken wieder aufzuheben, die äußere Form ins Innere zu wenden, der technischen Objektivation des Lebens seine rationale Subjektivation folgen zu lassen, das Denken des Denkens durch das Leben des Lebens zu umfassen.

Es ist ein einziger, seine eigene Geschichte bildender Akt des Menschen, in der er sich durch die technische Objektivation des Handlungskreises von dem universellen Zwang der Arbeit und seinen Geist vom Trieb befreit. Diese Befreiung des Geistes geschieht durch die Selbsterkenntnis des Lebens. Das Leben wird durch das Denken der gleichen Form erkannt, in welcher sich der Mensch durch finale Determination der Natur von dem universellen Zwang der Arbeit befreit. In diesem leiblich-geistigen Befreiungsakt, der nichts gemein hat mit einem Selbstzerschneiden der Ketten und Fäden, die uns mit der Natur verbinden, *setzt der Mensch seine geistig-leibliche Individuation fort* und gibt im Denken dieses Befreiungsaktes seiner Freiheit ihren Inhalt. Freiheit ist das Ergebnis der Befreiung und hat als solches die *Befreiung* zum Inhalt. Sie bleibt notwendig leer, wo der Mensch sich nicht durch finale Determination, sondern durch bloßes Abwenden und Losreißen von den Dingen befreien zu können meint. Das Denken seiner Befreiung ist das Denken der Reflexion des Lebens. Ihr Gesetz ist an niemanden gerichtet, dem Menschen ist es von niemandem auferlegt, er hat es nicht aus der Erfahrung, die ihm im Geschehen der Technik nur ein unbewußt entstandenes Werk der Gattung erkennen läßt, über das er hinausgehen muß. Indem er um seiner Freiheit willen sich als der Urheber dieses Werkes der Gattung bestimmt, gibt er sich aus eigener moralischer Kraft, durch die Anstrengung seiner Begriffe das Gesetz, in dessen Vollzug er besteht und um das er die Natur vermehrt. Nicht Gesetze der Natur zu *erkennen*, sondern die Gesetze der Natur um sein eigenes Gesetz zu *vermehren*, ist seine höchste Aufgabe. Zugleich erhebt er sich zum selbstbewußten Stellvertreter der Gattung und verläßt so im neuen Selbstbewußtsein, das ihm die die Reflexion des Denkens umfassende Lebensreflexion zur Pflicht macht, ihre bloße *Schicksalsgemeinschaft* als ein Mitglied der *Willensgemeinschaft* der Menschen. Im Vollzuge der Lebensreflexion, in welcher der Einzelne auf die Gattung angewiesen ist, befriedigt er mit seinem Freiheitsbedürfnis sein Wahrheitsbedürfnis, das ihn treibt, das Erkenntnisproblem des Lebens lösen. Der Mensch verbindet sich im Vertrauen auf den Fortschritt dieser rationalen Lebenserkenntnis, in der sich das Leben selbst transzendiert, gläubig mit einem höchsten Wesen, dem er sich in der Erkenntnis gestaltend auf dem unendlichen Wege dieser Transzendenz entgegengeht.*)

*) Die vorstehenden Ausführungen sind die Grundgedanken eines Vortrages, welchen der Verfasser am 14. Februar 1953 auf Einladung des VDI auf Schloß Klein-Heubach gehalten hat [S. hierzu auch PHYS. BL. 9, 133—134 (März 1953)]. — In einer dem Vortrage folgenden Diskussion wies der Verfasser darauf hin, daß sich der ersten Reflexion des Lebens über die Technik eine zweite Lebensreflexion über die Sprache anschließt.

Die Entwicklung der Technik als Phase der Wandlung des Menschen

Von Prof. Dr. **Hermann Schmidt** VDI, Berlin

In dem letzten halben Jahrhundert sind wir uns — jedenfalls im Abendland — mehr und mehr des Verlustes unserer inneren und äußeren Sicherheit bewußt geworden. Die Entfaltung der Technik hat das Verhältnis des Menschen zur Natur, sein Verhältnis zu seinen Mitmenschen, zu Gott und zu sich selbst problematisch gemacht. In der schicksalhaften Ungelöstheit seiner Problematik, in der Tatsache, daß der Mensch kein rechtes Bewußtsein davon hat, was die unaufhaltbare Entfaltung der Technik für ihn und sein Selbstbewußtsein bedeutet, besteht die Unsicherheit seiner gesamten Existenz. Sie zeigt sich auch darin, daß wir den zeitlichen Ort nicht kennen, an dem wir im Gang unserer Universalgeschichte stehen; wir wissen weder wer wir sind, noch wo wir stehen, noch wohin unser Weg führt. Wir fühlen uns von dem Strom des technischen Geschehens, der unser gesamtes Arbeitsdasein durchdringt, wie Treibholz ins Ungewisse mitgerissen.

Die erste universelle Selbstbesinnung des Menschen durch das Denken des Denkens

Das alte Selbstbewußtsein, das etwa aus der Zeit um die Mitte des letzten Jahrtausends v. Chr. stammt, versagt; es reicht in der technischen Welt nicht aus, um uns an ihr und sie an uns zu orientieren. Eine zweite universelle Selbstbesinnung ist notwendig. Unser Selbstbewußtsein, unser Bild vom Menschen muß sich wandeln und mit ihm der Mensch selbst, der sich nach und in diesem Bilde prägt. Denken allein kann hierzu helfen. Die Erkenntnis ist um unserer Existenz willen aufgerufen.

Die erste universelle Selbstbesinnung des Menschen fand vom achten bis zum zweiten Jahrhundert v. Chr., also um das fünfte Jahrhundert v. Chr. statt. Die Chinesen *Konfuzius* und *Laotse* schufen damals die Grundlagen der rationalen Philosophie, die sich noch heute im wesentlichen in der gleichen Problematik wie damals bewegt; in Indien lehrte *Buddha*, in Persien *Zarathustra*; in Griechenland lehrten die Philosophen *Parmenides, Thales,* die Sophisten, *Sokrates* und *Plato*; in Palästina lebten die jüdischen Propheten *Jeremias* und *Jesaias*. In dieser Zeit ist an verschiedenen Stellen der Erde in Geschichtskörpern, die kaum Verbindung miteinander hatten, wie in einem prästabilierten Geschehen in wunderbarer Weise das

menschliche Bewußtsein erwacht. Der Kern dieses Wunders war: Der Begriff, das Denken wurde selbst Gegenstand des Denkens; es wurde damals zuerst über das Denken gedacht. Mit der Entwicklung des Begriffes kam es zur ersten universellen Selbstbesinnung, zur Entdeckung des Menschen.

Was dem Menschen damals zuerst zum Bewußtsein kam, war die Methode, die ihn mit der Natur verband, ihm den Kosmos und sich selbst zum Gegenstand machte: Das Denken und Anschauen.

Die notwendige zweite universelle Selbstbesinnung durch das Denken des Denkens und Handelns

Diese erste, auf der Entdeckung des Begriffs beruhende Selbstbesinnung muß heute versagen; denn sie entspricht nicht mehr der wirklichen Situation des Menschen. Der Mensch steht der Natur nicht mehr nur denkend und anschauend gegenüber, er läßt sie in seinem Bereich nicht mehr wesentlich unverändert, sondern er formt sie zu seiner technischen Welt um; er gestaltet sie nicht nur geistig, sondern auch körperlich. Diese technische Umgestaltung der Natur ist das einzige universelle, alle Menschen angehende Ereignis seit jenem Jahrtausend v. Chr. Es ist die Frage, ob die Entstehung der technischen Welt, in der und wegen der die erste menschliche Selbstbesinnung in verhängnisvoller Weise versagt, nicht auch die Möglichkeit der notwendigen Erweiterung und der Vertiefung unseres Selbstbewußtseins einschließt. Ist es nicht möglich, daß die Begegnung unseres Bewußtseins mit der neu entstehenden Welt der Technik in ihrer globalen Ausdehnung zu der zweiten universellen Selbsterkenntnis führt, die eine neue Epoche des Menschseins begründet?

Diese zweite Selbstbesinnung wird sich nicht mehr auf das Denken des Denkens allein stützen können, sondern wird das Denken des Denkens *und Handelns* als des Ganzen, dem das bloße Denken als Teil angehört, zur Grundlage haben müssen; denn wir sind aus dem Stadium der denkenden Naturbetrachtung zur Naturveränderung übergegangen. Die Natur wird jetzt doppelt ergriffen, denkend und handelnd; diese neue Relation zur Natur, die

die alte, wesentlich im bloßen Denken bestehende umgreift, könnte, wie einst das bloße Denken, der neuen Selbstbesinnung dienen.

Hat die Technik eine Potenz für den Wandel des geistig-sittlichen Selbstbewußtseins?

Wir halten es für die entscheidende Frage der Gegenwart, ob die technische Welt eine Potenz für den Wandel des geistig-sittlichen Selbstbewußtseins des einzelnen Menschen besitzt oder ob sie nur eine niedere Äußerung unseres kollektiven Menschseins ist, die ohne geistig-sittliche Potenz ist und nach Grundsätzen, zu denen sie daher nichts beiträgt, vor Entartung bewahrt und zu unserem materiellen Wohlsein gelenkt werden müßte.

Ob die Technik eine Potenz für die Vertiefung der Selbsterkenntnis des Menschen hat, hängt davon ab, ob die technische Welt von uns *total gewollt* ist oder einen *ungewollten Überschuß* über das von uns Gewollte enthält, ob die Veränderung der Technik im Laufe der Zeit von uns in vollem Umfang *bewußt* vollzogen, also *Geschichte* der Technik ist, oder ob ihre Veränderung ein natürliches, unserer sinnlichen Natur entspringendes *Geschehen* enthält. Nur wenn dies der Fall ist, kann sie eine Potenz für die Vertiefung unseres Selbstbewußtseins haben.

Denn wenn die Technik total gewollt ist, so ist sie Mittel zu beliebigen Zwecken, die wir ihr setzen und die von uns, ohne daß die Erkenntnis der Technik etwas dazu beitrüge, aus einem abseits der Technik gewonnenen, unser Selbstbewußtsein erfüllenden Ethos gerechtfertigt werden müssen. Ist die Technik aber nicht total gewollt, dann ist sie nicht Mittel zu beliebigen Zwecken, dann birgt sie ein Geschehen mit eigenem Ziel in sich, dann wird die Vertiefung unseres Selbstbewußtseins dadurch möglich, daß wir aus diesem natürlichen technischen Geschehen Geschichte des Menschen machen und diesen Akt der Umwandlung des Geschehens in unsere Universalgeschichte als den moralischen Akt der Wandlung unseres Selbstbewußtseins erkennen.

Technik enthält ein natürliches Geschehen

Es ist deutlich, daß wir, um die Frage nach dem Ge-

schehen in der Technik beantworten zu können, die Technik in ihrem Bestande und ihre Entstehung erkennen müssen. Wir müssen von der Technik wissen, und Wissen steht am Ende der Erkenntnis. Es geht also gar nicht um Werturteile über die Technik; auch die Erkenntnis der Wirkungen, die von der Technik ausgehen, kann uns zunächst nicht fördern, z. B. die Erkenntnis, daß die Kommunikation der Menschen durch die Technik gewachsen ist, daß die Technik die soziale Struktur der Gesellschaft geändert hat, daß die zahlreichen getrennten Geschichtskörper der Erde durch die Technik zu einem einzigen zusammenwachsen, oder daß die Technik ein Mittel unübersehbarer Zerstörung und steigenden Wohlstandes ist.

Erkenntnis der Technik fragt wie die Erkenntnis der Natur nach dem Gesetz, das an ihrem Tatbestand erkennbar sein muß, es mag im übrigen von beliebiger Art und Herkunft sein, wenn es nur notwendig und allgemein gültig gedacht wird wie Gesetze des Seins oder Sollens, wie jedes Naturgesetz oder moralische Gesetz. Wir fragen also: Gibt es ein Geschehen in der Technik, das von uns als Ganzes nicht gewollt ist, und genügt dieses Geschehen einem Gesetz? Man hat diese Frage bereits mehrfach gestellt und sie auch — und zwar verschieden — beantwortet, ohne daß jedoch die Antworten wesentlich mehr enthielten als die Behauptung, es gäbe in der Technik ein Geschehen oder es gäbe keins.

Hier nur vier Stimmen, die sich für das Geschehen in der Technik ausgesprochen haben.

Walther Rathenau: „Mechanisierung ist nicht aus freier, bewußter Vereinbarung, aus dem ethisch geläuterten Willen der Menschheit entstanden, sondern unbeabsichtigt, ja unbemerkt erwachsen. Trotz ihres rationalen und kasuistischen Aufbaus ist sie ein unwillkürlicher Prozeß, ein dumpfer Naturvorgang."

Friedrich Dessauer: „Es ist nicht wahrscheinlich, daß eine weltverwandelnde Macht, wie die Technik, ein Mittel mit erborgten Zielen ist."

Karl Jaspers spricht von dem ungewollten, dem gleichsam hintenherum Geschehenden in der Technik, das uns nicht offenbar ist, das aber offenbar gemacht werden muß.

Nach *Ernst Cassirer* gibt es ein Geschehen in der Technik, und es ist unsere Aufgabe, dieses Geschehen in das geistige und sittliche Bewußtsein zu heben.

Zu diesen Stimmen sagen wir Ja. Auch wir sagen: Es gibt in der Technik ein Geschehen, es ist aus dem Technisieren im Laufe der Zeit mehr herausgekommen, als wir gewollt haben.

Die Entwicklung der Technik zu ihrer methodischen Vollendung

Offenbar ändert sich der Bestand der Technik mit der Zeit. Diese Änderung ist mehr als bloßes Anderswerden, sie ist Fortschritt, z. B. in der Anzahl der Erfindungen, in der Menge der erzeugten Energie.

Der den Bestand der Technik wandelnde Fortschritt scheint Vielen ins Unendliche zu gehen; der Mensch aber scheint ihnen auf diesem Wege seines technischen Wirkens ins Unendliche in seinem leiblich-geistigen Bestand unverändert zu bleiben. Die Technik geht jedoch in ihrem Gesamtbestand keineswegs ins Unendliche. Sie ist auch mehr als bloßer Fortschritt; denn sie enthält eine Entwicklung, die wie bei der Entwicklung z. B. der Eiche aus der Eichel ihren Anfang und ihr Ende hat. Und gerade diese Entwicklung wird sich als die erste Phase der Wandlung des Menschen erweisen.

Die Entwicklung der Technik ist die Entwicklung der technischen Mittel, die nötig sind, um ein beliebiges Ergebnis der schöpferischen Phantasie technisch zu verwirklichen.

Durch die menschliche Arbeit werden die Gebilde der Technik verwirklicht. Diese Arbeit, ursprünglich werkzeugfreie Handarbeit, wird später ebenfalls technisch verwirklicht, und diese Objektivation der menschlichen Arbeit mit technischen Mitteln ist der Gegenstand eines in der Vorzeit beginnenden und in unserem Zeitalter endenden Entwicklungsprozesses.

Dieser Prozeß weist drei Stufen[1]) auf:

Auf der ersten Stufe, der des Werkzeuges, werden die zur Arbeit notwendige physische Kraft und der erfor-

derliche geistige Aufwand noch vom Subjekt geleistet. Auf der zweiten Stufe, der der Arbeits- und Kraftmaschine, wird die physische Kraft technisch objektiviert. Schließlich wird auf der dritten Stufe, der des Automaten, auch der geistige Aufwand des Subjekts durch technische Mittel entbehrlich gemacht. Mit jeder dieser drei Stufen schreitet die Objektivation der Zweckerfüllung mit technischen Mitteln fort, bis der Zweck, den wir uns gesetzt haben, durch den Automaten allein ohne unser körperliches und geistiges Zutun erreicht wird. Offenbar kann es keine Entwicklung der Technik über die Stufe der vollständigen Automatisierung hinaus geben. Die Technik erreicht in ihr ihre methodische Vollendung[1]), und dieser Abschluß des in der Vorzeit beginnenden Entwicklungsprozesses der technischen Objektivation der Arbeit in der Gegenwart ist ein entscheidendes Merkmal unseres Zeitalters. Die Arbeit wird in ihrem physischen und psychischen Bestande in der technischen Welt dem Prinzip nach durch den Automaten geleistet.

Das Gesetz der Technik und die erste Phase der Wandlung des Menschen

Der Entwicklungsprozeß der Technik wird von dem technisierenden Kollektiv getragen, und ist eine dreigegliederte Einheit.

Er ist nicht umkehrbar.

Er entspringt nicht der bewußt planenden Vernunft, sondern dem sinnlichen Teil der menschlichen Natur, der die Ursache seiner Einheit ist.

Er wird vom technisierenden Kollektiv für den Einzelnen unbewußt vollzogen, ist aber für den Einzelnen nachträglich erkennbar.

Er ist notwendig und allgemein; von beliebigen Menschengruppen würde er unter gleichen Bedingungen triebhaft

stets wieder vollzogen werden. Auch ohne *James Watt* hätten wir heute Dampfmaschinen; er hätte einen Stellvertreter gefunden.

Das Gesetz der Technik ist das statistische Gesetz der dreistufigen Entwicklung der technischen Objektivation der Arbeit, und in dieser Entwicklung sehen wir die erste Phase der Wandlung des Menschen; sie ist also durch ein Geschehen gegeben, das sich in der Technik durch das technisierende Kollektiv vollzieht, und das im Begriff ist, die ganze Menschheit zu umfassen. Der ersten müssen wir eine zweite Phase folgen lassen, die sich mit der ersten zur Einheit der Wandlung verbindet. Tun wir dies nicht, so entfällt damit auch das Recht, in dem technischen Geschehen eine erste Phase der Wandlung unseres Selbstbewußtseins zu sehen; denn es bleibt unverändert. Für sich allein ist das technische Geschehen zwar die Befreiung von dem universellen Zwang der Arbeit, durch die sich der Mensch vom Zwange der Natur entlastet. Der technische Naturprozeß entspringt jedoch aus der sinnlichen Natur des Menschen, deren Trieb wir, ohne von unserer Freiheit Gebrauch zu machen, unbewußt bisher gefolgt sind. Die zweite Phase der Wandlung muß uns von diesem Triebe befreien; sie muß der Befreiung des Menschen von der Arbeit die Befreiung der Vernunft von dem Trieb unserer sinnlichen Natur folgen lassen.

Der sinnliche und der vernünftige Teil unserer Natur müssen in Harmonie miteinander gesetzt werden

Die zweite Phase erfordert also, daß wir zu dem Geschehen in der Technik Stellung nehmen, daß wir vor allem die Frage stellen und beantworten, was angesichts des notwendigen, technischen Geschehens aus unserer Freiheit wird. Hinsichtlich des technischen Tatbestandes der objektivierten Arbeit kann es sich bei dieser Stellungnahme nur darum handeln, ihn zu erkennen; er ist, da er notwendig und allgemein ist, nicht zu

v e r ä n d e r n. Niemand wird auf die Befreiung von der Last der Arbeit verzichten. Unserer Entscheidung ist nur die Motivation des technischen Geschehens überlassen, das aus dem sinnlichen Teil unserer Natur entspringt. Sache der Vernunft ist es, sich mit ihm als der das technische Geschehen verursachenden Triebkraft so auseinander zu setzen, daß das Bewußtsein der Freiheit sich erweitert und vertieft, und es ist die Frage, ob das möglich ist.

Mit *Schiller*[2]) fassen wir drei Möglichkeiten ins Auge, wie sich die Vernunft unserer sinnlichen Natur gegenüber verhalten kann:

Wir können den sinnlichen Teil unserer Natur über die Vernunft herrschen lassen; das hieße, sich dem Trieb der Technik als einer Kraft, die unsere Vernunft von außen stößt, hingeben, also insoweit auf unsere Freiheit verzichten. Wir können zweitens den sinnlichen Teil unserer Natur durch die Vernunft unterdrücken, den Triumph des Geistes auf die Unterdrückung des Leibes gründen. Wer aber wird dies ernstlich wollen, wo schon die Sprache die schöpferische Beteiligung des Leibes am Denken nicht entbehren kann! Das hieße auch das technische Geschehen selbst unterdrücken. Das aber widerstreitet unserer Existenz und damit dem Bedürfnis, in der Freiheit und im Bewußtsein der Freiheit fortzuschreiten.

So bleibt nur die dritte Möglichkeit, den vernünftigen und den sinnlichen Teil unserer Natur miteinander in Harmonie zu setzen, so daß uns das Gesetz der Technik die größere Freiheit gibt.

Wie aber erreichen wir diese Harmonie unserer Natur, wie finden wir uns inmitten der technischen Welt zu unserer ungetrennten Existenz als der leib-geistigen Einheit zurück? Wir müssen aus dem technischen Geschehen menschliche Geschichte machen, müssen den ordo naturae des technischen Geschehens in den ordo humanus überführen.

Die zweite Phase der Wandlung: Technisches Geschehen wird zur Geschichte des Menschen

Indem der Mensch das Geschehen, das in der Gegenwart sein Ende findet und durch die Vollendung der Objektivation der Arbeit eine tiefe Zäsur im Gange des Menschen durch die Zeit begründet, zur Geschichte macht, fügt er der ersten Phase seiner Wandlung die zweite an, mit der er die neue Selbsterkenntnis erreicht. Der Einzelne nimmt im Vollzug dieses Wandels, in dem er aus dem Geschehen, das er dem technisierenden Kollektiv schuldet, Geschichte macht, in der Gegenwart seinen sicheren universalgeschichtlichen Ort ein. Wir wollen versuchen, dies etwas näher zu erläutern.

Wie wird aus der ersten Phase die zweite Phase der Wandlung? Wie wird aus dem technischen natürlichen Geschehen menschliche Geschichte und Geschichte unseres Selbstbewußtseins?

Zunächst ist die Anerkennung des natürlichen technischen Geschehens unerläßlich. Anerkennung des natürlichen technischen Geschehens bedeutet dabei: Wir müssen die Objektivation der Arbeit, die das Ergebnis des uns nicht bewußten, von der Gattung getragenen statistischen Prozesses ist, im einzelnen kennenlernen, und zwar sie nicht nur feststellen, sondern auch verstehen, und sie uns dann als den Stellvertretern der Gattung zum bewußten Ziel setzen. Wir müssen das statistische Gesetz dieses uns unbewußten Geschehens bewußt zum dynamischen Gesetz machen und so das technische Werk der Gattung, unsere gesamte technische Vergangenheit in der Gegenwart integrierend, wiederholen und in dieser Wiederholung fortsetzen.

Was durch Trieb notwendig geschah, soll also der Zweck unseres Tuns werden. Der Tatbestand der objektivierten Arbeit, den wir uns zum Zweck setzen, muß dabei als solcher unverändert bleiben. Nur das Motiv dieser Objektivation wandelt sich; an Stelle der unbe-

wußten triebhaften Motivation tritt die bewußte Motivation durch den vom Zweck bestimmten Willen.

Dabei ist der Tatbestand selbst und nur er Inhalt dieser Zweckvorstellung; er ist für alle Menschen verbindlich. Alle subjektiven Motive — etwa ökonomisches oder politisches Machtstreben oder religiöses Erlösungsstreben — sind ihres subjektiven Ursprungs wegen nicht allgemein verbindlich und daher für unsere Willensbestimmung untauglich und abzuweisen. Indem wir unseren Willen allein durch den technischen Tatbestand bestimmen lassen, ist aus der Bestimmung unseres Selbst alles bloß Subjektive ausgeschaltet.

Mit dieser Anerkennung des technischen Geschehens machen wir es zur Geschichte. Aus einem Geschehen, das sich durch uns vollzieht, Geschichte machen, heißt, sich das Geschehen als einen verstehbaren Prozeß bewußt machen und es in bewußter Zielsetzung vollziehen; so übernehmen wir seine natürliche Ordnung in den *ordo humanus*.

Aus dem Geschehen Geschichte machen heißt also auch, die Notwendigkeit des natürlichen Geschehens mit der Freiheit des Menschen in Harmonie setzen; es heißt darauf verzichten, die Freiheit unseres Selbstbewußtseins unter Nichtbeachtung oder Verachtung des natürlichen Geschehens der Technik zu begründen; es heißt darauf verzichten, ein Einzelner ohne das Kollektiv und seine Leistung sein zu wollen; es heißt, das Ziel des eigenen Handelns erst bestimmen, nachdem das Kollektiv gehandelt hat, und die Kollektivleistung wiederholen.

Was wird aber aus unserer Freiheit, wenn wir uns so den Zweck unseres Tuns von der Natur durch das Kollektiv vorschreiben lassen, wenn wir uns der Notwendigkeit des technischen Geschehens fügen, indem wir es selbst zum Zweck setzen?

Das Ergebnis für unsere Freiheit wird wesentlich davon abhängen, wie wir die Objektivation der Arbeit verstehen,

welchen Sinn wir mit dem bloßen Faktum der sich durch uns vollziehenden Objektivation der Arbeit verbinden können. Der Akt der Übernahme des natürlichen technischen Geschehens in unsere menschliche Ordnung wird erst dann vollendet und zugleich sittlich gerechtfertigt sein, wenn wir durch diese Sinngabe vom Triebe befreit werden, wenn der Sinn, den wir der Objektivation der Arbeit, die uns von der Arbeit befreit, geben, die Freiheit der Vernunft mehrt, wenn das Faktum, in dem sich das technische Geschehen vollendet, zum sinnvollen Zeichen der Sprache unserer sinnlichen Natur geworden, Freiheit der Vernunft bedeutet.

Wie sieht dieses Faktum aus und welchen Sinn verbinden wir mit ihm?

Der Regelkreis als die universelle Form menschlicher Äußerung

Als das universelle Gebilde der methodisch vollendeten Technik finden wir den Regelkreis; er führt mit technischen Mitteln eine Arbeit aus, für die wir ohne ihn unsere physische und geistige Kraft aufwenden müssen. Wir sehen seine Wirkungsweise am einfachsten ein, wenn wir den technischen Regelkreis als Objektivation unseres Handlungskreises verstehen.

Der Handlungskreis ist die Form unserer Arbeit, er ist die Form, in der wir einen beliebigen Zweck in der äußeren Welt erfüllen. Denken und Tun ist in ihm in einer uns im Einzelnen nicht bekannten Weise von Natur zu einem Ganzen verbunden. Denken wir an einen ohne Werkzeug arbeitenden Töpfer. Er vergleicht in jedem Augenblick seiner Arbeit den Zustand (Istzustand) seines Tonklumpens mit dem vorgestellten Sollzustand, etwa einem Krug, und er läßt sich fortgesetzt in seinem herstellenden Tun von der festgestellten Differenz der beiden Zustände bestimmen. Der Handlungskreis hat einen von dem Tonklumpen als dem zu bearbeitenden Körper zu dem Töpfer hinführenden, afferenten, leistungsarmen, sensorischen Zweig und einen von ihm zu dem Tonklumpen hinführenden, efferenten, leistungsreichen, motorischen

Zweig. Der Handlungskreis besteht aus sehr verschiedenen physischen und organischen Elementen, wie Lichtstrahlen, Augen, Händen, sensorischen und motorischen Nervenbahnen, dem zu bearbeitenden Körper und dem Gehirn; er läuft an der inneren Verbindungsstelle seiner beiden Zweige durch unser Großhirn; außen sind die beiden Zweige über dem sensorisch und motorisch, also doppelt ergriffenen Körper geschlossen. Das Wirken des Handlungskreises ist beendet, wenn sich Ist- und Sollzustand decken, der Zweck der Arbeit also erfüllt ist.

Jede unserer sinnvollen Äußerungen geschieht notwendig in der Form eines solchen in sich geschlossenen Handlungskreises, in dem wir mit uns selbst über das jeweilige Ergebnis unseres Tuns rückgekoppelt sind.

Man denke auch an die Erzeugung der Sprachlaute; auch der Sprech-Hör-Kreis ist ebenfalls ein solcher Handlungskreis. Der Handlungskreis ist die universelle Form der sinnvollen Äußerung der Menschen. Den technischen Regelkreis verstehen wir als Objektivation des Handlungskreises mit technischen Mitteln.

Der technische Regelkreis als Objektivation des Handlungskreises

Durch einen solchen Regelkreis läßt sich also die Aufgabe unseres Töpfers ausschließlich mit technischen Mitteln lösen. Der Regelkreis ist aber nicht nur ein Äquivalent des Handlungskreises; er leistet nicht nur dasselbe wie der Handlungskreis. Der Regelkreis hat auch dieselbe Form des Wirkungszusammenhangs wie der Handlungskreis. Bei der technischen Objektivation des Handlungskreises werden dessen Elemente, für die wir einige Beispiele nannten, prinzipiell durch technische Elemente ersetzt, die ganz anderer Art als die Elemente des Hand-

lungskreises sind. Die Art der gedanklichen Verbindung der Elemente zum Ganzen des Kreises ist aber bei beiden Kreisen, unbeschadet der völligen Verschiedenartigkeit ihrer Elemente, dieselbe. Die Form des Wirkungszusammenhangs der Elemente des Handlungskreises ist gegen seine technische Objektivation invariant. Wegen dieser Formgleichheit nennen wir die beiden Kreise isomorph. Gerade diese Isomorphie erlaubt uns, den Regelkreis als technische Objektivation des Handlungskreises zu verstehen.

Der technische Regelkreis als Objektivation des universellen Strukturelementes des organischen Lebens

Aber dieses Verständnis wird alsbald wesentlich vertieft, wenn wir bemerken, daß diese Isomorphie nicht auf Regelkreis und Handlungskreis beschränkt ist, daß wir den Regelkreis seiner Wirkungsweise nach nicht nur im Handlungskreis, sondern auch im leiblichen Bestande des lebenden Organismus wiederfinden. In dem Beitrag von Professor *Wagner*[3]) wird dargelegt, daß der Regelkreis ein universelles Strukturelement des Organismus ist. Isothermie, Isoionie und Isotonie des Organismus sind ebenso wie seine innere und äußere Gestalt durch Regelkreise bestimmt, um nur eine Bemerkung hierzu zu machen.

Die Ausdehnung der Isomorphie auf den somatisch-organischen Regelkreis erlaubt es, den technischen Regelkreis als Objektivation des Grundelements des organischen Lebens zu verstehen. Damit sind ein Verständnis der Objektivation des technischen Regelkreises und eine Sinnerfüllung des das Entwicklungsgeschehen der Technik abschließenden Faktums erreicht, durch die der Mensch, der sich im Gehorsam gegen die Natur die Objektivation der Arbeit zum Zweck setzt, selbst in Freiheit gesetzt wird. Dieses Faktum befreit ihn von der Arbeit. Mit der Sinnerfüllung des Faktums befreit er seine Vernunft von dem Triebe, der das technische Geschehen verursacht. Ehe wir hierzu noch ein Wort sagen, sei ein arges Mißverständnis abgewehrt.

Bemerkung zur technischen Objektivation des organischen, pragmatischen und somatischen Regelkreises

Wenn wir den technischen Regelkreis als Objektivation des organischen Lebens verstehen, so meinen wir damit **nicht**, der technische Regelkreis liege auf dem Wege zur technischen Herstellung des organischen Lebens, insbesondere des Menschen; Leben sei Mechanismus. Im Gegenteil: Die technische Objektivation des Lebens ist seine Entseelung, seine Entsubjektivierung, ist die Erzeugung eines unlebendigen Schattenrisses des Lebens, der jedoch mit ihm formgleich ist. In seiner technischen Objektivation artet das Leben in den Mechanismus aus, tritt es sich als totes Objekt gegenüber unter Erhaltung seiner Grundform. In der Objektivation stirbt das Leben. An die Stelle des psychophysischen Wirkungszusammenhanges setzt die technische Objektivation die **Kreiskausalität**. Kreiskausalität heißt, daß eine physische Ursache nicht nur der linearen Kausalität gemäß eine Wirkung hat, sondern daß diese Wirkung auf die Ursache zurückwirkt.

Das technische Geschehen macht das Leben zum Gegenstand der Fremderkenntnis

Das ist nun das für den Fortschritt des Selbstbewußtseins des Menschen entscheidende Ergebnis: Wenn wir den technischen Regelkreis als Objektivation des Lebens verstehen, dann macht uns das natürliche triebhafte Geschehen der Technik im Regelkreis das Leben zum Gegenstand der Erkenntnis; diese Erkenntnis ist Fremderkenntnis wie die Erkenntnis der Planeten und ihrer Bewegung und führt uns zu dem Wirkungsgesetz des Regelkreises in der mathematischen Form einer Infinitesimal-

gleichung; sie läßt wie alle Fremderkenntnis ihr Objekt unverändert. Das organische Leben und das Erkennen, oder, anders ausgedrückt: unsere sinnliche und unsere vernünftige Natur sind sich unendlich nahe. In der technischen Regelkreis-Objektivation gewinnt aber das erkennende Subjekt Abstand von dem ihm unendlich nahen organischen Leben, das ihm nun als Objekt gegenübertritt. Es ist ein Abstandnehmen des Lebens vom erkennenden Subjekt, vergleichbar dem Abstandnehmen des bloßen Gedankens vom erkennenden Subjekt, das eintritt, wenn wir über das Denken nachdenken, wenn der Begriff Gegenstand des Denkens wird. Während das erkennende Subjekt aber die Kraft hat, sich das *Denken* zum Gegenstand zu machen und sich in dieser Korrelation von Subjekt und Objekt überhaupt erst zu konstituieren, hat das erkennende Subjekt *nicht* die Kraft, sich das *Leben*, in dessen Wirkungszusammenhang es verflochten ist, zum Gegenstand zu machen, um sich diesem Gegenstand gegenüber als Subjekt zu konstituieren.

Das technische Geschehen ist es, das das Leben durch die Leistung des technisierenden Kollektivs zum Gegenstand der möglichen Fremderkenntnis durch den Einzelnen macht und so die Voraussetzung für die Konstitution des zugehörigen Subjekts schafft.

Die Fremderkenntnis des Regelkreises und die Selbsterkenntnis des organischen Lebens

Die Form des Wirkungszusammenhangs im Regelkreis, die wir in Fremderkenntnis erfassen müssen, sobald wir

uns seine Objektivation zum Zweck setzen, ist also diesem erkennenden und zwecksetzenden Subjekt nicht fremd. Es wird dem Subjekt in dieser Fremderkenntnis keine ihm fremde Form von außen aufgeprägt. Vielmehr ist das zwecksetzende Subjekt fortgesetzt in der Disposition, gerade die Form des Zusammenhangs von Elementen hervorzubringen, die es die Fremderkenntnis des Regelkreises zu denken veranlaßt. Denn diese Form, die das Subjekt hervorzubringen disponiert ist, ist nicht nur die Form des pragmatischen und somatischen Regelkreises, sondern auch die Form des Zweckbegriffes selbst, wenn wir sie jenseits von Raum, Zeit und Zahl mit dem reinen Denken erfassen.

Die Fremderkenntnis des Regelkreises in Verbindung mit seiner Setzung als Zweck ist daher Selbsterkenntnis des Lebens.

Das organische Leben des Menschen ist Erkenntnisproblem

Die Selbsterkenntnis des Lebens, welche Erkenntnis des dem erkennenden Subjekt unendlich nahen organischen Lebens ist, wandelt dieses Leben; sie macht aus dem Trieb unserer sinnlichen Natur, das Leben zu objektivieren, durch das Denken des Zweckes den Willen zu dieser Objektivation. Damit wird die Vernunft durch die Selbsterkenntnis des Lebens vom Triebe befreit. Der vernünftige und der sinnliche Teil unserer Natur werden also dadurch, daß wir aus dem Geschehen der Technik Geschichte machen, in Harmonie gesetzt.

Diese besteht darin, daß beide Teile in dem Zusammenhang von erkennendem Subjekt und zu erkennendem, dem Subjekt unendlich nahen Objekt stehen, das durch die Erkenntnis subjektiviert wird.

Leben ist Erkenntnisproblem. Wir existieren, soweit wir dies Problem lösen. Wir sind das Problem der Erkenntnis, und unser zweites universelles Selbstbewußtsein ist sowohl das Bewußtsein, Erkenntnisproblem zu sein, wie auch das Bewußtsein von seiner jeweils in einem bestimmten Zeitalter erreichten Lösung. Die Lösung der Erkenntnisprobleme, die wir bloß *haben*, müssen beitragen zur Lösung des Erkenntnisproblems, das wir *sind*.

Die Lösung des Problems, das wir sind, ist in der Theorie allein nicht möglich, sondern nur durch Übernahme des natürlichen technischen Geschehens in den Bereich des Menschen (wenn wir uns auf die Technik hier beschränken), wodurch technisches Geschehen zur Geschichte des Menschen und zur Geschichte seines Selbstbewußtseins wird. Geschichte als Universalgeschichte ist die Lösung des Erkenntnisproblems, das wir sind. Erkenntnis endet niemals im endlich entfernten Objekt, sondern in dem Objekt, das dem erkennenden Subjekt unendlich nah ist, im Leben; sie endet nicht als objektivierende Fremderkenntnis, sondern als subjektivierende Selbsterkenntnis.

Bejahende Antwort auf die Frage nach der Potenz der Technik für das geistig-sittliche Selbstbewußtsein

Wir beantworten die Frage nach der Potenz der Technik für den Wandel des geistig-sittlichen Selbstbewußtseins also bejahend.

In der Technik objektiviert sich durch das Technisieren der Gattung unbewußt der mit dem Grundelement des organischen Lebens formgleiche Regelkreis.

Indem wir dieses technische Geschehen als Objektivation des Lebens verstehen und zu unserer bewußten Tat machen, wandelt sich das triebhafte in das erkannte und durch diese Erkenntnis in das vom Triebe befreite vernünftige Leben; aus dem technischen Geschehen wird unsere Geschichte, Geschichte unseres Selbstbewußtseins als des Bewußtseins unserer Freiheit.

Den Akt unseres Willens, durch den wir aus technischem Geschehen Geschichte des Menschen machen, halten wir für den Befreiungsakt, den der Mensch um seines Lebens willen vollziehen muß, das nur in seiner fortschreitenden Befreiung von physischem und psychischem Zwang Bestand hat. Die Befreiung von der Arbeit als dem universellen Zwang der Natur auf den Menschen und die Befreiung seines Geistes vom Triebe seiner sinnlichen Natur sind in einem einzigen Befreiungsakt verbunden, der uns nur durch die Potenz der technischen Welt für die Wandlung unseres Selbstbewußtseins möglich ist, eine Potenz, die, um es mit einem Worte *Goethes* zu sagen, darin besteht, daß uns die Technik in dem Regelkreis eine auf die Frage nach unserer Existenz „antwortende Gestalt“ zeigt, durch deren Erkenntnis unser Leben als ein Leib und Geist verbindendes Erkenntnisproblem sichtbar wird. B 5405

[1]) Vgl. *Herm. Schmidt*: Regelungstechnik, die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung. Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 81/88.

[2]) „Über Anmut und Würde."

[3]) *R. Wagner*: Biologische Reglermechanismen. Z. VDI Bd. 96 (1954) Nr. 5 (dieses Heft) S. 123/30.

